UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

CONACYT

CONCYTEQ

SOMOS UAQ
SERVIR CONSTRUIR TRANSFORMAR

8° ENCUENTRO

DE JÓVENES INVESTIGADORES DEL ESTADO DE QUERÉTARO

FEBRERO 2021

"Ideas jóvenes para impulsar el crecimiento del país"

Universidad Autónoma de Querétaro
Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Rectora

Dr. Javier Ávila Morales
Secretario Académico
Lic. Verónica Nuñez Perusquía
Secretaria de la Rectoría
Mtro. Luis Alberto Fernández García
Secretario Particular de la Rectoría
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Secretaria de Investigación, Innovación y Posgrado
Mtra. Karina Villarauz Camargo
Coordinadora de Difusión y Enlace

L.A.V. Cristian Navarro
Diseño

Mtra. Maura Jarubi Chávez López
Mtra. Karina Villarauz Camargo
Comité editorial

Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes
Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma
Comité organizador

Publicación especial No.8 de la Dirección de Investigación y Posgrado
Universidad Autónoma de Querétaro
Centro Universitario, Cerro de las Campanas s/n
Código Postal 76010, Querétaro, Qro., México
Primera edición, noviembre de 2016
Hecho en México

PRESENTACIÓN

La Universidad Autónoma de Querétaro, tiene el compromiso de formar estudiantes competitivos y con habilidades que les permitan consolidar su formación como futuros investigadores. Los directivos, profesores e investigadores de las distintas instituciones de educación superior del Estado de Querétaro, incentivan la formación y desarrollo de competencias en los jóvenes que difundirán y divulgarán conocimiento en su transitar a través de la sociedad.

El foro académico denominado **"Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Querétaro",** se crea como estrategia para formar recursos humanos de alta calidad en diversas áreas de investigación. Es así que, los proyectos que desarrollan estudiantes de licenciatura durante estancias de verano o proyectos de tesis, son expuestos ante un comité científico especializado en el tema y al "publico" general; con el fin de estimular la vocación científica, la innovación y la transferencia de conocimiento entre distintas instituciones.

El 8º Encuentro de Jóvenes Investigadores contó con la asistencia y **participación de 132 personas**; entre las que se encontraban **76 ponentes** pertenecientes a cinco diferentes instituciones de Querétaro (Instituto Tecnológico de Querétaro, Universidad Anáhuac, Universidad Politécnica de Querétaro, Universidad Tecnológica de Querétaro y Universidad Autónoma de Querétaro), **56 investigadores integraron al Comité Científico** (35) y el Jurado (21), quienes se encargaron de evaluar trabajos escritos y orales. Los trabajos escritos se evaluaron con base en: objetivos, claridad, coherencia, antecedentes, metodología, presentación de resultados y conclusiones presentadas. En los trabajos orales se evaluó: el dominio del tema, coherencia y fuerza argumentativa, expresión oral adecuada y calidad de la presentación. Los ganadores de las diferentes áreas del conocimiento fueron aquellos que obtuvieron la calificación más alta en el trabajo *in extenso* y la presentación oral. Los trabajos expuestos se encuentran en la presente memoria, la cual, respeta el estilo y redacción de los trabajos.

Cabe mencionar que con el apoyo del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro (CONCYTEQ)** se logró realizar el **8° Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Querétaro**, cuya finalidad es continuar generando eventos que sirvan de foro para el intercambio y evaluación de la investigación que desarrollan los jóvenes. También reafirma el compromiso social que tienen las instituciones e investigadores como gestores de generar espacio que fortalezca la inquietud de los jóvenes en su formación como investigadores, punto clave para el desarrollo científico y tecnológico que requiere la complejidad social de nuestro país.

"Educo en la verdad y en el honor"
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

AGRADECIMIENTOS

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Aldo Amaro Reyes	Facultad de Química, UAQ
Dr. José Gabriel Ríos Moreno	Facultad de Ingeniería, UAQ
M. en C. Fabiola Hernández Hernández	Universidad Politécnica de Querétaro
Dr. Gerardo Manuel Nava Morales	Facultad de Química, UAQ
Dr. Héctor Raymundo Vera Ávila	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Dr. José Luis Reyes Araiza	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dr. Juan José Lara Ovando	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dr. Mario Trejo Perea	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Alondra Anahí Ortíz Verdín	Universidad Politécnica de Querétaro
Dr. Ricardo Francisco Mercado Curiel	Facultad de Medicina, UAQ
Dr. Pablo García Solís	Facultad de Medicina, UAQ
Dr. Andrés Déctor Espinoza	Universidad Tecnológica de San Juan del Río
Dra. Adela Becerra Chávez	Universidad Politécnica de Querétaro
Dra. Ana Angélica Feregrino Pérez	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Araceli Aguilera Barreyro	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Dra. Esperanza Rodríguez Morales	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dra. Mónica Ribeiro Palacios	Facultad de Filosofía, UAQ
Dra. Diana Beatriz Rangel Peniche	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Dra. Elsa Cristina Navarrete Ochoa	Facultad de Bellas Artes, UAQ
Dra. Rosario Barba González	Facultad de Bellas Artes, UAQ
Dra. Ester Bautista Botello	Facultad de Lenguas y Letras, UAQ
Dr. Gabriel Corral Velázquez	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dra. Haydé Azeneth Vergara Castañeda	Facultad de Medicina, UAQ
Dra. María Carlota García Gutiérrez	Facultad de Medicina, UAQ
Dra. María del Carmen Gpe Díaz Mejía	Facultad de Psicología, UAQ
Dra. Hilda Romero Zepeda	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Oliva Solís Hernández	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dra. Pamela Garbus	Facultad de Psicología, UAQ
Dra. Mónica Sanaphre Villanueva	Facultad de Lenguas y letras UAQ
Dra. Valeria A. Belloro	Facultad de Lenguas y letras, UAQ
Dr. José Salvador Arellano	Facultad de Filosofía, UAQ
M.C. Alicia Prieto Uscanga	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dra. Blanca Yasmín Montúfar Corona	Facultad de Psicología, UAQ
Dr. Enrique Leonardo Kato Vidal	Facultad de Contaduría y Administración, UAQ
Dra. Sandra Luz Guerrero Ramírez	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Carmen Imelda González Gómez	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dr. José Guadalupe Gómez Soto	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Mtro. Reynaldo Hernández Maldonado	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Tércia Cesária Réis de Souza	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Dra. Rosa Martha Pérez Serrano	Facultad de Medicina, UAQ
Dra. Sandra Luz Canchola Magdaleno	Facultad de Informática, UAQ
Dr. Arturo Toscano Giles	Instituto Tecnológico de Querétaro
M.C. Ma. Teresa López Ostria	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dra. Teresa López Lara	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dr. Juan Bosco Hernández García	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dr. Eduardo Enrique Pérez Ramírez	Instituto Tecnológico de Querétaro

Dr. Rufino Nava Mendoza	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Andrea Margarita Olvera Ramírez	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Dr. Felipe Alejandro Hernández García	Universidad Politécnica de Querétaro
Dr. Raúl Ramírez López	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dra. Diana Amaya Cruz	Facultad de Ingeniería, UAQ

STAFF DE APOYO

Secretaria de Investigación y Posgrado

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Dra. Azucena de Concepción Ochoa Cervantes
Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma
M. en C. María Aurora Martínez Álvarez
M. en C. Karina Colín Yáñez
M. en C. Rosa María Lujan Rico
M. en GIC. Karina Villarauz Camargo
M.A.T.I. Maura Jarubi Chávez López
L. en I. María Verónica Muñoz Velázquez
C. Rocío Martínez Guardiola
C. Magda Mancebo del Castillo Trejo
C. María de la Luz Santillán Guardiola
C. María Alejandra Gómez Rodríguez

ÍNDICE

Bloque I: Ciencias de la Salud 7

Bloque II: Ciencias Naturales y Exactas 97

Bloque III: Ciencias Sociales y Humanidades 282

Bloque IV: Ingeniería y Tecnología 446

8° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

BLOQUE
CIENCIAS DE LA SALUD

ÍNDICE

1 FABP4: PROTEÍNA CANDIDATA PARA DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE DIABETES GESTACIONAL
Samantha Arias Covarrubias; Claudia Ivonne Briones Hernández; Karla Liliana García Mejía; Eduardo Castaño Tostado; David Gustavo García Gutiérrez; Karla Isabel Lira De León; José Antonio Enciso Moreno; Iza Fernanda Pérez Ramírez

2 NIVEL DE EMPATÍA EN ESTUDIANTES DE MEDICINA DE ÁREA CLÍNICA
Ana Yenixa Cuenca Nuñez; Ana Laura Quintero Crispín

3 METABOLÓMICA COMO PROPUESTA DE DIAGNÓSTICO TEMPRANO PARA DIABETES GESTACIONAL
Karla Liliana García Mejía; Samantha Arias Covarrubias; Claudia Ivonne Briones Hernández; Eduardo Castaño Tostado; David Gustavo García Gutiérrez; Rosalía Reynoso Camacho; Alma Delia Bertadillo Jilote; Iza Fernanda Pérez Ramírez

4 FACTORES ASOCIADOS A DEFECTOS DEL TUBO NEURAL EN QUERÉTARO
Bibiana Ledezma Urbina; Alberto Juárez Lira

5 EFECTIVIDAD DE GRUPOS DE AYUDA MUTUA EN EL CONTROL METABÓLICO
Claudia Gisela López Villanueva; Diana Beatriz Rangel Peniche

6 EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO DE ISQUIOTIBIALES EN POTENCIA Y AGILIDAD EN FUTBOLISTAS
Luis Alfonso Moreno Ponce de León; Ángel Salvador Xeque Morales; José María Duarte Barajas; Arely Guadalupe Morales Hernández

7 PURIFICACIÓN Y MARCAJE CON QUANTUM DOT DE UNA LECTINA DE FRIJOL TÉPARI
Lizet Angélica Núñez Corona; Daniela Muñiz Chavarría; Laura Elena Estrada Martínez; Teresa García Gasca; Alejandro Blanco Labra; Antonio Topete Camacho; Ricardo Cervantes Jiménez

8 EL CONSUMO DE HOJA DE FRIJOL PREVIENE AUMENTO DE PESO Y TEJIDO ADIPOSO
Perla Viridiana Ocampo Anguiano; Santiaga Marisela Ahumada Solórzano; Konisgmar Escobar García; Candelario Mondragón Jacobo; Adriana Becerril; Mariela Camacho Barrón; Verónica Andrade Portillo; Teresa García Gasca

9 PREVALENCIA DE HÁBITOS ERGONÓMICOS EN CONDUCTORES UNIVERSITARIOS UAQ
Rosaura Rivas Esquivel; Rebeca Rentería Reyes; Ileana Saray Parra Barrón; José Rodolfo Rodríguez González

10 TERAPIA MANUAL INSTRUMENTALIZADA Y SUS CAMBIOS TERMOGRÁFICOS
Daniela Vigueras Becerril; Andrea Rosales Hernández; Daniela Vigueras Becerril; Sandra Mariana Chávez Monjarás; Irving Armando Cruz Albarrán; Arely Guadalupe Morales Hernández

11 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ATP-III ASOCIADOS A FTIR PARA DETECTAR ALZHEIMER
Diana Ximena Yrigoyen Rosas; Ana Gabriela Cárdenas Pérez; Ana Laura Vega Rodríguez; Raúl Salas Coronado; Sebastián Aguiñaga García; Karla Isabel Lira de León

FABP4: proteína candidata para diagnóstico temprano de diabetes gestacional

Samantha Arias Covarrubias[a1], Claudia Ivonne Briones Hernández[a2], Karla Liliana García Mejía[a3], Eduardo Castaño Tostado[a4], David Gustavo García Gutiérrez[a5], Karla Isabel Lira De León[a6], José Antonio Enciso Moreno[b7], Iza Fernanda Pérez Ramírez[a8].

[a]Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro 76017, México. [b]IMSS, Unidad de Investigación Médica de Zacatecas, Zacatecas 98000, México.
[1]sami_ariascovar93@hotmail.com
[2]ClaudiaIvonne90@hotmail.com
[3]lili.garciam@outlook.es
[4]ecastano@uaq.mx
[5]davidg3.mx@hotmail.com
[6]liraleonki@gmail.com
[7]enciso_2000@yahoo.com
[8]iza.perez@uaq.mx

Resumen
La diabetes mellitus gestacional (DMG) genera complicaciones maternas y fetales. Actualmente el diagnóstico se realiza entre las semanas 24-28 de gestación, lo que conlleva un diagnóstico tardío. Las proteínas ADIPOQ, PAPP-A, PAPP-A2, IGFBP-5, AFM, SHBG, FABP4, RBP4 y RETN han sido propuestas como posibles biomarcadores para el diagnóstico temprano de DMG en otras poblaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar las nueve proteínas como candidatos a biomarcador para el diagnóstico oportuno y la progresión de la DMG en mujeres mexicanas. Se reclutaron 200 mujeres embarazadas en su primer trimestre de gestación, de las cuales 19 mujeres embarazadas con DMG y 15 sin DMG cumplieron los criterios de inclusión/exclusión. Se determinaron las nueve proteínas de interés de manera simultánea en muestras séricas del primer trimestre de gestación por medio de un arreglo de anticuerpos. El análisis multivariado y de regresión logística múltiple identificó tres proteínas como candidatas a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG: SHBG, IGFBP-5 y FABP4, las cuales fueron cuantificadas por medio de kits de ELISA en los tres trimestres de gestación. De acuerdo con el análisis de las curvas características operativas del receptor (ROC), FABP4 presentó la mayor sensibilidad y especificidad en el primer trimestre de gestación, por lo que esta proteína puede ser propuesta como biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG en mujeres mexicanas. Sin embargo, no puede ser utilizada para el monitoreo de la enfermedad, ya que su sensibilidad y especificidad disminuyó conforme progresó el embarazo.
Palabras clave: diabetes mellitus gestacional; diagnóstico temprano; biomarcadores; proteínas.

Abstract
Gestational diabetes mellitus (GDM) generates maternal and fetal complications. Currently, the diagnosis is carried out between the 24-28th gestation weeks, leading to a late diagnosis. The proteins ADIPOQ, PAPP-A, PAPP-A2, IGFBP-5, AFM, SHBG, FABP4, RBP4, and RETN have been proposed as possible biomarkers for the diagnosis of GDM in the first trimester of gestation in other populations. The aim of this study was to evaluate these nine proteins as biomarker candidates in Mexican women in order to increase the predictive capacity for the early diagnosis and progression of GDM. In this study, 200 pregnant Mexican women were recruited in their first trimester of pregnancy, from which only 19 pregnant women with DMG and 15 without DMG fulfilled the inclusion/exclusion criteria. The nine proteins of interest were determined simultaneously in the serum samples obtained in the first trimester of pregnancy using a multiplex antibody array. The multivariate and multiple logistic regression analyses identified three proteins as biomarker candidates for the early diagnosis of DMG: SHBG, IGFBP-5 y FABP4. These proteins were quantified using ELISA kits in each trimester of pregnancy. According to the analysis of the receptor operating characteristic (ROC) curves, FABP4 showed the highest sensitivity and specificity in the first

trimester of pregnancy; therefore, this protein can be proposed as a biomarker candidate for DMG early diagnosis. However, this protein cannot be proposed for monitoring the progression of the disease, since its sensitivity and specificity decreased as the pregnancy advanced.
Keywords: gestational diabetes mellitus; early diagnosis; biomarkers; proteins.

Introducción

La diabetes mellitus gestacional (DMG) es una complicación del embarazo que es definida como diabetes diagnosticada en el segundo o tercer trimestre del embarazo que no era claramente diabetes manifiesta antes de la gestación (ADA, 2020). Dicha patología es transitoria debido a que se resuelve una vez que finaliza el embarazo en la mayoría de las pacientes (IDF, 2019).

La incidencia de DMG está aumentando alrededor del mundo debido al incremento de la prevalencia de sobrepeso y obesidad que afecta hasta el 50% de las mujeres en edad reproductiva. La edad materna avanzada de la población reproductiva y el estilo de vida sedentaria también ha contribuido a aumentar la prevalencia de resultados adversos maternos (Denney & Quinn, 2018). De acuerdo con las estimaciones de la Federación Internacional de Diabetes (IDF, por sus siglas en inglés), se calcula que en 2019 hubo 20.4 millones de nacidos vivos (15.8%) que sufrieron algún tipo de hiperglucemia durante el embarazo. De los cuales, el 83.6% se debió a la DMG (IDF, 2019). En México se ha reportado una prevalencia de DMG que va del 8.7 al 17.7% (IMSS, 2016).

La DMG puede generar complicaciones a corto y largo plazo tanto para la madre como a la descendencia. Los hijos de madres con DMG tienen mayor riesgo de sufrir macrosomía, parto prematuro, traumatismo al nacer, distocia al hombro, hipoglucemia neonatal, ingreso a la unidad neonatal y dificultad respiratoria (Johns et al., 2018). En cuanto a las complicaciones a largo plazo destaca el riesgo de desarrollar obesidad, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus tipo 2 (DM2) en la edad adulta (Denney & Quinn, 2018). La DMG también conlleva complicaciones maternas que incluye hipertensión gestacional, preeclampsia, polihidramnios, complicaciones en el trabajo de parto y mayor riesgo de cesárea debido a la macrosomía fetal (Denney & Quinn, 2018; Johns et al., 2018). Respecto a las complicaciones a largo plazo, las mujeres con DMG presentan un alto riesgo de padecer DM2 de 3 a 6 años después del parto y desarrollar nuevamente DMG en sus siguientes embarazos (IDF, 2019). Dichas complicaciones maternas y fetales respaldan la importancia de diagnosticar y tratar oportunamente la DMG.

Actualmente el diagnóstico de DMG se realiza entre las semanas 24-28 de gestación (segundo trimestre) empleando la curva de tolernacia a la glucosa oral (CTGO), ya sea con la estrategia de un paso o dos pasos. La estrategia de un paso consiste en realizar una CTGO con 75 g de glucosa y realizar mediciones de glucosa en ayunas, 1 y 2 h poscarga. Por otro lado, en la estrategia de dos pasos se realiza un tamizaje (CTGO con 50 g de glucosa), si el valor de glucemia es >140 mg/dL 1 h poscarga se procede a realizar una CTGO con 100 g de glucosa y medir los niveles de glucosa en ayuno, 1, 2 y 3 h poscarga (ADA, 2020). Sin embargo, esta prueba diagnóstica presenta varios inconvenientes tales como que es una prueba lenta, bastante exigente e invasiva para la paciente ya que se requieren múltiples extracciones de sangre y se complica con náuseas y vómitos, lo que invalida la prueba (Agarwal, 2016). Además, se utiliza hasta el segundo trimestre de embarazo, lo que representa un diagnóstico tardío. Por ello, es necesario la identificación de nuevas y mejores herramientas para el diagnóstico oportuno de la DMG.

Se han propuesto varias proteínas como posibles biomarcadores para realizar el diagnóstico temprano de DMG, tales como adiponectina (ADIPOQ), globulina fijadora de hormonas sexuales (SHBG), proteína A plasmática asociada al embarazo (PAPP-A), proteína A2 plasmática asociada al embarazo (PAPP-A2), proteína de unión a ácidos grasos de adipocitos (FABP4), afamina (AFM), proteína de unión a retinol-4 (RBP4), resistina (RETN) y proteína de unión al factor de crecimiento 5 similar a la insulina (IGFBP-5) (Bawah et al., 2019; Dereke et al., 2019; Farina et al., 2017; Jin et al., 2020; Köninger et al., 2018; Tu et al., 2017; Zhang et al., 2018; Zhao et al., 2017). Sin embargo, dichas proteínas han sido propuestas como candidatas a biomarcador para el

diagnóstico temprano de DMG en estudios de casos-controles prospectivos, pero no han sido evaluadas para el monitoreo de la progresión de la DMG conforme progresa el embarazo.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el potencial como biomarcadores de proteínas en suero para el diagnóstico oportuno y monitoreo de la progresión de la DMG en mujeres mexicanas.

Metodología

El diseño del estudio fue longitudinal, prospectivo, observacional y comparativo. Dicho estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) (CBQ17/095).

Se reclutaron 200 mujeres embarazadas en su primer trimestre de embarazo (semanas 11-14 de gestación) en el Hospital del Niño y la Mujer de Santiado de Querétaro, Querétaro. Las participantes fueron monitoreadas a las semanas 11-14 (primer trimestre), 24-28 (segundo trimestre) y 30-33 (tercer trimestre) de gestación. En cada visita trimestal se realizó la recolección de datos personales, clínicos, antropométricos, la toma de muestras sanguíneas con ayuno de 12 h para la cuantificación de glucosa, perfil de lípidos y análisis de las proteínas de interés.

El diagnóstico de DMG fue realizado a las semanas 24-28 de gestación empleando la estrategia de un paso (CTGO 75 g de glucosa, 2 h). De acuerdo con los criterios de Grupos de Estudio de la Asociación Internacional de Diabetes y Embarazo (IADPSG), se consideró diagnóstico de DMG al tener alterado al menos uno de los valores glicémicos medidos (≥ 92 mg/dL basal, ≥180 mg/dL-1 h o ≥153 mg/dL-2 h poscarga) (ADA, 2020).

El grupo control está conformado por mujeres embarazadas sin DMG, ni enfermedades diagnosticadas antes o durante el embarazo, tales como sobrepeso y obesidad pregestacional (índice de masa corporal (IMC) >25 Kg/m^2), así como presentar resistencia a la insulina (índice HOMA >1.6) en el primer trimestre de embarazo.

Los criterios de inclusión de los grupos con DMG y sin DMG fueron mujeres mexicanas embarazadas de 18 a 40 años que asistieron a sus visitas prenatales trimestales en el Hospital del Niño y la Mujer (primer trimestre: semanas 11-14 de gestación; segundo trimestre: semanas 24-28 de gestación; tercer trimestre: semanas 30-33 de gestación). Los criterios de exclusión de ambos grupos de estudio fueron embarazo múltiple, preeclampsia, desórdenes del sistema inmune, diagnóstico previo de daño renal o hepático e hipertención arterial.

El suero obtenido de las muestras sanguíneas en cada trimestre de gestación fue entregado a la Unidad de Servicios Clínicos (USC) de la Facultad de Química de la UAQ para la cuantificación de los siguientes parámetros bioquímicos: glucosa, triglicéridos, colesterol total, c-HDL y c-LDL.

La determinación simultánea de las proteínas de interés (ADIPOQ, SHBG, PAPP-A, PAPP-A2, FABP4, AFM, RBP4, RETN e IGFBP-5) fue realizada en las muestras de suero correspondientes al primer trimestre de gestación de 19 mujeres embarazadas con DMG y 12 sin DMG. Lo anterior se realizó utilizando un arreglo diseñado de anticuerpos (RayBio Custom G-Series Human Antibody Array, AAH-CUST-G, RayBiotech, Norcross, GA, EEUU).

Posteriormente se realizó la identificación de las proteínas candidatas a biomarcador a través de análisis estadísticos. Dichas proteínas fueron cuantificadas por medio de kits de ELISA tipo sándwich (ELH-SHBG, ELH-IGFBP5 y ELH-FABP4, RayBiotech, Norcross, GA, EEUU) en muestras de suero correspondientes al primer, segundo y tercer trimestre de gestación.

Los datos clínicos, antropométricos y bioquímicos fueron analizados mediante análisis univariado (U de Mann-Whitney o t de student dependiendo si las variables fueron paramétricas o no paramétricas). Los resultados obtenidos del arreglo de anticuerpos fueron analizados por medio un Análisis de Componentes Principales (PCA) y posteriormente mediante modelos de regresión logística múltiple. Los datos del estudio logintudinal se analizaron con la prueba U de Man-Whitney. Finalmente, se emplearon curvas características operativas del receptor (ROC) para estimar el punto de corte con mayor sensibilidad y especificidad.

Resultados

Un total de 200 mujeres embarazadas fueron reclutadas en su primer trimestre de embarazo (semanas 11-14 de

gestación), de las cuales 34 participantes asistieron a las tres visitas trimestrales. Por lo tanto, los grupos de estudio quedaron conformados por 19 mujeres embarazadas con DMG y 15 sin DMG.

Las participantes del estudio fueron monitoreadas en cada trimestre de gestación, presentando las siguientes semanas de gestación en cada muestreo: 12.8 ± 0.24, 26.13 ± 0.40 y 32.3 ± 0.77 para las mujeres sin DMG y 12.58 ± 0.22, 25.26 ± 0.24 y 31.89 ± 0.26 para las mujeres con DMG. No se observaron diferencias significativas entre los grupos de estudio ($p>0.05$), lo cual indica que los tiempos de muestreo fueron homogéneos.

En la Tabla 1 se muestran los datos clínicos de las participantes. El grupo de mujeres embarazadas con DMG presentaron mayor edad ($p=0.0039$) y mayor gravidez (número de embarazos) ($p=0.0106$) en comparación de las mujeres embarazadas sin DMG. Además, el 73.68% del grupo con DMG presentaron antecedentes familiares con diabetes mellitus (DM) vs 46.67% en el grupo sin DMG; sin embargo, no se observó diferencia significativa entre los grupos de estudio ($p=0.1075$). Con respecto al antecedente de DMG en embarazos previos, solamente una paciente del grupo con DMG presentó dicho factor de riesgo.

Tabla 1. Datos clínicos de las mujeres embarazadas con DMG y sin DMG

Variable	Con DMG (n=19)	Sin DMG (n=15)	Valor de p
Edad (años)	29.00±1.15	23.80±1.44	0.0039
Gravidez	2.63±0.31	1.60±0.16	0.0106
Partos	0.84±0.25	0.27±0.15	0.1281
Cesáreas	0.63±0.24	0.20±0.11	0.2535
Abortos	0.16±0.08	0.13±0.09	>0.9999
Antecedentes familiares con diabetes mellitus			
Sí	14 (73.7%)	7 (46.7%)	
No	5 (26.3%)	8 (53.3%)	0.1075
DMG en embarazos previos			
Sí	1 (5.3%)	0 (0.0%)	
No	18 (94.7%)	15 (100.0%)	0.3671

Los resultados son mostrados como media ± error estándar de la media o n(%). Los valores de $p<0.05$ son considerados como significativos, los cuales fueron obtenidos con la prueba de U de Mann-Whitney o t de student. DMG: diabetes mellitus gestacional.

Los parámetros antropométricos y bioquímicos que fueron medidos en cada trimestre de embarazo, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros antropómetricos y bioquímicos de mujeres embarazadas con DMG y sin DMG en cada trimestre de embarazo

Variables	Primer trimestre			Segundo trimestre			Tercer trimestre		
	Con DMG (n=19)	Sin DMG (n=15)	Valor de p	Con DMG (n=19)	Sin DMG (n=15)	Valor de p	Con DMG (n=19)	Sin DMG (n=15)	Valor de p
IMC (kg/m^2)	29.03 ± 1.25	21.41 ± 0.74	<0.0001	30.59 ± 1.14	24.50 ±0.81	0.0003	31.39 ± 1.12	25.07 ± 0.91	0.0002
Insulina (uU/mL)	22.45 ± 3.56	6.43 ± 0.50	<0.0001	4.43 ± 0.63	1.65 ± 0.25	<0.0001	4.11 ± 0.60	2.09 ± 0.59	0.0027
Glucosa en ayunas (mg/dL)	91.11 ± 2.09	72.20 ± 1.27	<0.0001	94.05 ± 2.24	74.00 ± 1.81	<0.0001	90.47± 2.17	75.13 ± 0.91	<0.0001
Colesterol total (mg/dL)	176.20 ± 5.75	159.40 ± 3.95	0.0295	215.20 ± 9.35	213.00 ± 4.57	0.8499	232.60 ± 12.17	225.10 ± 7.33	0.6243
Triglicéridos (mg/dL)	158.30 ± 12.79	103.90 ± 7.49	0.0017	227.50 ± 18.49	174.50 ± 12.83	0.0591	274.10 ± 18.77	210.00 ± 11.85	0.0107
c-HDL (mg/dL)	45.05 ± 1.85	48.73 ± 2.03	0.1916	47.89 ± 2.18	53.67 ± 1.63	0.0536	47.00 ± 2.78	52.67 ± 2.04	0.1279
c-LDL (mg/dL)	99.53 ± 5.26	89.93 ± 4.02	0.1443	121.60 ± 9.77	124.40 ± 6.13	0.8233	135.30 ± 10.97	130.00 ± 8.02	0.7148

Los resultados son mostrados como media ± error estándar de la media. Los valores de $p<0.05$ son considerados como significativos los cuales fueron obtenidos con la prueba de U de Mann-Whitney o t de student. DMG: diabetes mellitus gestacional; IMC: índice de masa corporal; c-HDL: colesterol de lipoproteína de alta densidad; c-LDL: colesterol de lipoproteína de baja densidad.

En comparación con el grupo de sin DMG, las mujeres embarazadas con DMG presentaron significativamente mayor IMC ($p<0.05$) en los tres trimestres de embarazo. Asimismo, las mujers con DMG presentaron niveles significativamente ($p<0.05$) elevados de insulina y glucosa en el primer, segundo y tercer trimetre de gestación.

Con respecto al perfil de lípidos, el colesterol total y c-LDL aumentaron a lo largo del embarazo, encontrándose elevado en el grupo con DMG en comparación con el grupo sin DMG. Sin embargo, únicamente el colesterol total presentó diferencias significativas ($p<0.05$) entre los grupos de estudio en el primer trimestre de gestación. De manera similar, los triglicéridos presentaron una tendencia en aumento conforme avanza el embarazo, siendo que las mujeres con DMG presentaron niveles significativamente ($p<0.05$) elevados en el primer y tercer trimestre de embarazo en comparación con las mujeres sin DMG.

Por otro lado, los niveles de c-HDL se encontraron disminuidos en el grupo con DMG en los tres trimestres de embarazo; sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los grupos de estudio.

Con el fin de identificar los posibles candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG, se llevó a cabo la evaluación de las nueve proteínas de interés (SHBG, IGFBP-5, PAPP-A, FABP4, AFM, ADIPOQ, PAPP-A2, RBP4, RETN) en las muestras séricas obtenidas en el primer trimestre de gestación. La intensidad de fluoresencia obtenida como respuesta del análisis de los arreglos de anticuerpos fue utilizada para el análisis estadístico multivariado por PCA (Gráfico 1), en el cual se observa una ligera discriminación entre las mujeres embarazadas con DMG y sin DMG. Posteriormente, los valores de las señales de fluorescencia de las 9 proteínas de interés se analizaron por medio de regresión logística múltiple incluyendo los datos clínicos, parámetros antropométricos y bioquímicos como covariables.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de las 9 proteínas analizadas en el primer trimestre de gestación. De las 9 proteínas, 5 presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre los dos grupos de estudio: SHBG, IGFBP-5, FABP4 , RBP4 y PAPP-A.

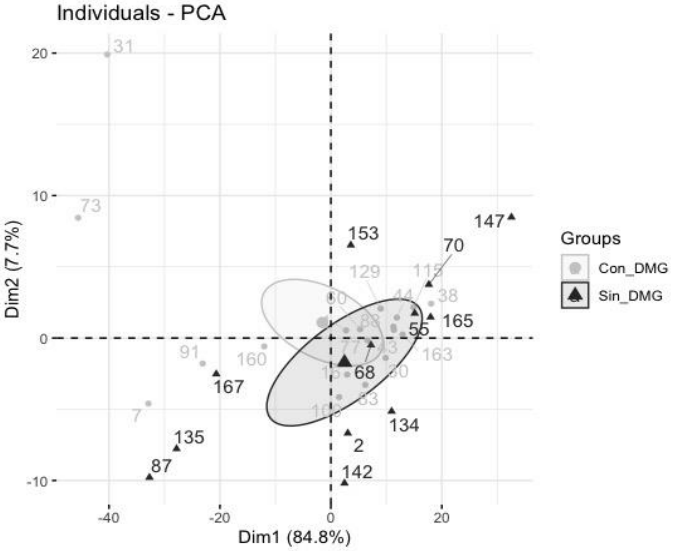


Gráfico 1. Análisis de Componentes Principales (PCA) de las proteínas SHBG, IGFBP-5, PAPP-A, FABP4, AFM, ADIPOQ, PAPP-A2, RBP4 y RETN en muestras séricas de mujeres embarazadas con DMG y sin DMG en el primer trimestre de gestación. DMG: diabetes mellitus gestacional; SHBG: globulina fijadora de hormonas sexuales; IGFBP-5: proteína de unión al factor de crecimiento 5 similar a la insulina; PAPP-A: proteína A plasmática asociada al embarazo; FABP4: proteína de unión a ácidos grasos 4; AFM: afamina; ADIPOQ: adiponectina; PAPP-A2: proteína A2 plasmática asociada al embarazo; RBP4: proteína de unión a retinol-4; RETN: resistina.

Además de la significancia estadística, se tomó en cuenta que el aumento de ≥ 1.5 veces o la disminución de ≤ -1.5 (≤ 0.65) veces en la intensidad de la señal de las proteínas puede considerarse significativamente diferente y con impacto biológico (Raybiotech, 2018). Por lo tanto, SHBG, IGFBP-5 y FABP4 fueron consideradas como proteínas de interés para la discriminación entre mujeres embarazadas con DMG y sin DMG. Cabe mencionar que los modelos de regresión logística múltiple de estas tres proteínas indican el impacto de triglicéridos, c-HDL, gravidez, cesáreas y antecedentes familiares con DM para SHBG, mientras que las covariables de IMC, insulina, colesterol total, triglicéridos, c-HDL, c-LDL, semanas de gestación, gravidez, cesáreas y antecedentes familiares con DM impactan en IGFBP-5 y FABP4.

Debido a que el análisis de los arreglos de anticuerpos es semi-cuantitativo, se llevó a cabo la cuantificación de las proteínas SHBG, IGFBP-5 y FABP4 por medio de kits de ELISA en las muestras de suero obtenidas en el primer (11-14 semanas de gestación), segundo (24-28 semanas

de gestación) y tercer trimeste (30-33 semanas de gestación) de embarazo.

Tabla 3. Análisis estadístico de las 9 proteínas de interés de mujeres embarazadas sin DMG y con DMG en el primer trimestre de embarazo

Proteína	Con DMG (n=19)	Sin DMG (n=12)	Fold-change	Valor de p
SHBG	404.40 ± 64.42	276.50 ± 43.26	1.5‡	0.0121*
IGFBP-5	40.63 ± 26.56	6.73 ± 4.96	6.0‡	0.0373*
PAPP-A	27.84 ± 9.00	22.70 ± 4.61	1.2	0.0629*
FABP4	26.22 ± 13.82	5.39 ± 1.81	4.9‡	0.0105*
AFM	166.30 ± 37.11	115.30 ± 22.63	1.4	0.1905+
ADIPOQ	4888.00 ± 539.30	4652.00 ± 742.60	1.1	0.7342+
PAPP-A2	1.22 ± 0.25	1.89 ± 0.92	-1.6	0.7268+
RBP4	1224.00 ± 133.80	1241.00± 181.90	-1.0	0.0110*
RETN	386.50 ± 53.65	273.20 ± 29.33	1.4	0.1642+

Los resultados son mostrados como media ± error estándar de la media. ‡Fold-change ≥1.5 o ≤-1.5. Los valores de p<0.05 son considerados como significativos. +Valor de p fue obtenido mediante la prueba U de Mann-Whitney. *Valor de p del modelo completo obtenido por regresión logística múltiple. DMG: diabetes mellitus gestacional; SHBG: globulina fijadora de hormonas sexuales; IGFBP-5: proteína de unión al factor de crecimiento 5 similar a la insulina; PAPP-A: proteína A plasmática asociada al embarazo; FABP4: proteína de unión a ácidos grasos 4; AFM: afamina; ADIPOQ: adiponectina; PAPP-A2: proteína A2 plasmática asociada al embarazo; RBP4: proteína de unión a retinol-4; RETN: resistina.

La proteína SHBG mostró una tendencia en aumento conforme avanzó el embarazo en ambos grupos de estudio (Gráfico 2). El grupo de mujeres con DMG presentaron niveles bajos de SHBG en comparacion del grupo sin DMG (primer trimestre: 664.9 ± 156.9 vs 1269.0 ± 269.9 nmol/L; segundo trimestre: 1591.0 ± 222.9 vs 1919.0 ± 170.4 nmol/; tercer trimestre: 1934.0 ± 313 vs 2625.0 ± 296.8 nmol/L). Solamente en el primer y tercer trimestre se observaron diferencias significativas (p<0.05) entre los grupos de estudio.

Las concentraciones de IGFBP-5 fueron mayores en el grupo de mujeres embarazadas con DMG en comparación del grupo sin DMG en cada trimestre de embarazo (primer trimestre: 311.3 ± 98.5 vs 181.3 ± 86.7 ng/mL; segundo trimestre: 499.9 ± 167.9 vs 204.3 ± 89.8 ng/mL; y tercer trimestre: 547.2 ± 289.9 vs 234.4 ± 101.8 ng/mL). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas (p>0.05) entre los grupos de estudio (Gráfico 3).

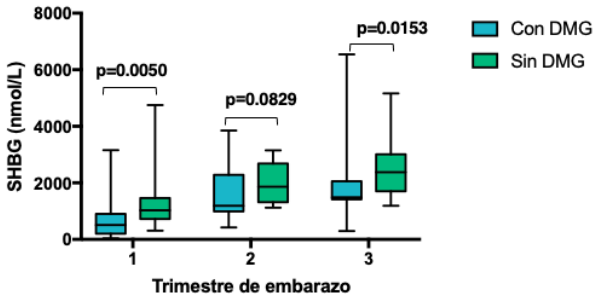


Gráfico 2. Concentraciones séricas de SHBG en mujeres embarazadas con DMG y sin DMG en el primer, segundo y tercer trimestre de gestación. DMG: diabetes mellitus gestacional; SHBG: globulina fijadora de hormonas sexuales.

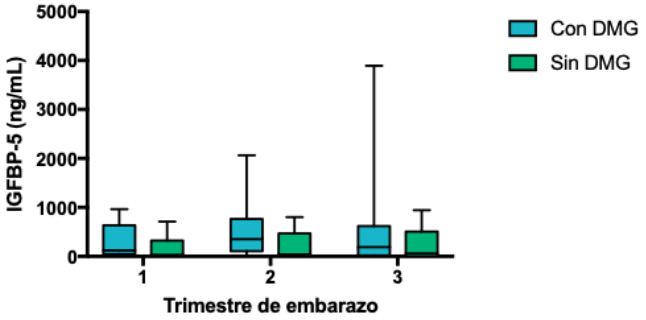


Gráfico 3. Concentraciones séricas de IGFBP-5 en mujeres embarazadas con DMG y sin DMG en el primer, segundo y tercer trimestre de gestación. DMG: diabetes mellitus gestacional; IGFBP-5: proteína de unión al factor de crecimiento 5 similar a la insulina.

Las mujeres embarazadas con DMG presentaron niveles elevados de FABP4 en cada trimestre de embarazo en comparación del grupo sin DMG (primer trimestre: 11.2 ± 1.7 vs 4.2 ± 0.6 µg/L; segundo trimestre: 6.3 ± 0.7 vs 3.3 ± 0.6 µg/L; y tercer trimestre: 7.2 ± 0.9 vs 4.6 ± 0.8 µg/L), presentando diferencias significativas (p<0.05) entre los grupos de estudio en los tres trimestres de embarazo (Gráfico 4).

Con la finalidad de comparar la capacidad discriminativa de cada proteína para distinguir entre los grupos de estudio y de determinar el punto de corte en el que se alcanza la mayor sensibilidad y especificidad analítica, se realizó la construcción de curvas ROC con las concentraciones séricas de SHBG, IGFBP-5 y FABP4 en cada trimestre de embarazo (Gráfico 5).

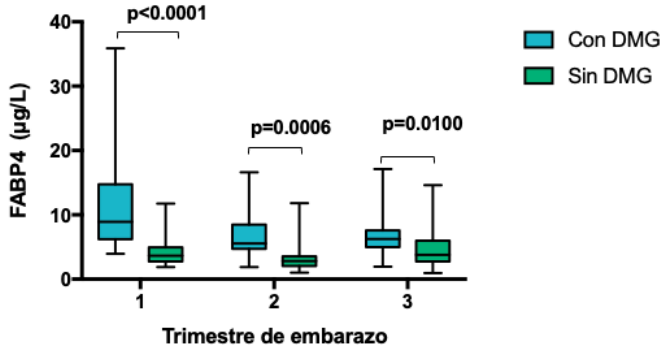


Gráfico 4. Concentraciones séricas de FABP4 en mujeres embarazadas con DMG y sin DMG en el primer, segundo y tercer trimestre de embarazo. DMG: diabetes mellitus gestacional; FABP4: proteína de unión a ácidos grasos 4.

La proteína FABP4 presentó una mejor curva ROC en comparación con SHBG e IGFBP5 en los tres trimestres de gestación, debido a que presentan una mayor área bajo la curva, alcanzando mayores valores de sensibilidad (verdaderos positivos) y especificidad (verdaderos negativos). El punto de corte óptimo de FABP4 en el primer trimestre fue de >6.0 µg/L con sensibilidad de 84.2% y especificidad de 86.7%; en el segundo trimestre fue de >3.6 µg/L con sensibilidad de 89.5% y especificidad de 86.7%; y en el tercer trimestre fue de >4.8 µg/L, proporcionando una sensibilidad de 84.2% y una especificidad de 73.3%.

Discusión

En este estudio se evaluó la capacidad predictiva de nueve proteínas para el diagnóstico oportuno y el monitoreo de la progresión de la DMG en mujeres mexicanas embarazadas. Con respecto a la historia clínica de las participantes, se observó que las mujeres con DMG presentaron una mayor edad materna que las mujeres sin DMG. La edad materna avanzada es un factor de riesgo que se ha asociado con mayor riesgo de desarrollar DMG (Denney & Quinn, 2018). En este estudio, el 36.8% de las mujeres con DMG presentaron una edad materna de 30-34 años de edad, mientras que únicamente el 13.3% de las mujeres sin DMG presentaron dicha edad materna. Este resultado es similar a lo reportado por Qazi et al., quienes reportaron una mayor prevalencia de edad materna de 31-35 años en las mujeres con DMG (36%).

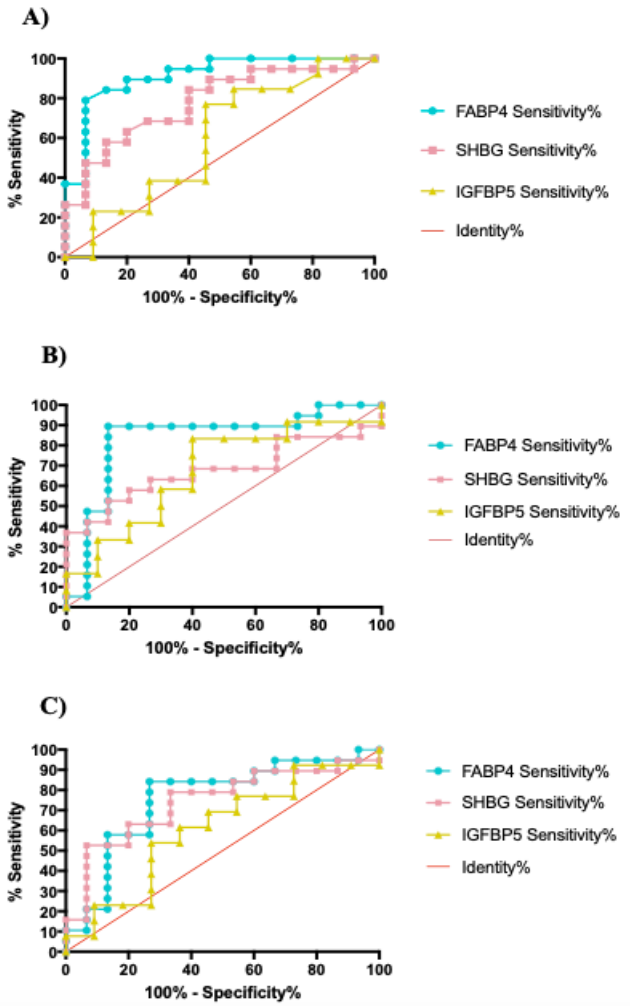


Gráfico 5. Curvas ROC de SHBG, IGFBP-5 y FABP4 en muestras séricas de mujeres embarazadas con DMG y sin DMG en el A) primer, B) segundo y C) tercer trimestre de gestación. DMG: diabetes mellitus gestacional; SHBG: globulina fijadora de hormonas sexuales; IGFBP-5: proteína de unión al factor de crecimiento 5 similar a la insulina; FABP4: proteína de unión a ácidos grasos 4; ROC: curvas características operativas del receptor.

Asimismo, los antecedentes familiares de DM y el desarrollo de DMG en embarazos previos son factores de riesgo que contribuyen al desarrollo de DMG (Denney & Quinn, 2018). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos a pesar de que el 73.7% de las mujeres embarazadas con DMG presentaron antecedentes familiares con DM. Con respecto al desarrollo de DMG en embarazos previos, es importante mencionar que la mayoría de las participantes encuestadas mencionaron que no les realizaron la CTGO para el diagnóstico de DMG en sus embarazos anteriores,

por lo que el número de participantes con DMG en embarazos previos podría estar subestimado.

Con respecto a los parámetros antropométricas, las mujeres con DMG presentaron mayores valores de IMC en los tres trimestres de embarazo en comparación con las mujeres sin DMG. Cabe destacar que el riesgo de desarrollar DMG aumenta con el incremento del IMC materno (Martin et al., 2015) debido a que el sobrepeso y la obesidad promueven el desarrollo de alteraciones metabólicas como resistencia a la insulina, hiperglucemia, hiperinsulinemia e hiperlipidemia, las cuales son características también de la DMG (Martin et al., 2015).

Por otro lado, las mujeres con DMG presentaron niveles séricos de insulina y glucosa mayores en comparación con las mujeres sin DMG en los tres trimestres de gestación, indicando la presencia de alteraciones en el metabolismo de glucosa durante todo el embarazo. El periodo de gestación es considerado como un estado diabetogénico, debido al aumento en los niveles séricos de glucosa para satisfacer las necesidades fetales, así como el aumento en la secreción de hormonas que promueven un estado de resistencia a la insulina. Sin embargo, en un embarazo complicado por DMG no se puede hacer frente a las exigencias del embarazo, por lo que se aumenta la síntesis y secreción de insulina (hiperinsulinemia), la cual resulta insuficiente para mantener la euglucemia, por lo que se presenta un estado de hiperglucemia (Baz et al., 2016).

Con respecto al perfil de lípidos, se observó una tendencia a la alza en los niveles séricos de colesterol total y triglicéricidos con respecto a la progresión del embarazo, mientras que los niveles de c-HDL aumentaron del primer al segundo trimestre con una ligera disminución en el tercer trimestre. Dichas tendencias fueron observadas en ambos grupos de estudio. Resultados similares han sido previamente reportados por Wang et al. (2019), y está asociado al aumento en la acumulación de triglicéridos en el tejido adiposo materno y su posterior lipólisis, siendo que los ácidos grasos liberados son reesterificados en hígado para la formación de triglicéridos y su posterior circulación en torrente sanguíneo. Por otro lado, el aumento en los niveles séricos de colesterol es debido a que es utilizado en la placenta como precursor para la síntesis de hormonas esterioideas, las cuales se incrementan a lo largo del embarazo.

Adicionalmente, las mujeres con DMG presentaron niveles más altos de triglicéridos y colesterol total en los tres trimestres de gestación en comparación con las mujeres sin DMG, indicando la presencia de alteración en el metabolismo de lípidos, lo cual podría ser consecuencia de la presencia de sobrepeso/obesidad o el desarrollo de resistencia a la insulina característico de la DMG.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar nueve proteínas (SHBG, IGFBP-5, PAPP-A, FABP4, AFM, ADIPOQ, PAPP-A2, RBP4, RETN) como potenciales herramientas diagnósticas de DMG en el primer trimestre de gestación, con el fin de encontrar una alternativa a la CTOG, prueba que es utilizada actualmente para el diagnóstico de esta enfermedad al final del segundo trimestre de gestación.

El análisis simultáneo de las nueve proteínas en las muestras séricas de las mujeres embarazadas con DMG y sin DMG por medio de un arreglo de anticuerpos y su posterior análisis multivariado y de regresión logística múltiple indicó que las proteínas SHBG, IGFBP-5 y FABP4 presentaron la mayor capacidad discriminadora entre los grupos de estudio. Su posterior análisis cuantitativo y la construcción de curvas ROC para su validación analítica indicó que la proteína FABP4 mostró el mayor potencial para ser considerado como un biomarcador de diagnóstico temprano de DMG, presentando una alta sensibilidad y especificidad analítica en el primer trimestre de gestación. La proteína FABP4 es responsable del transporte de los ácidos grasos generados por la lipólisis desde las gotas lipídicas para que puedan ingresar a diversas rutas metabólicas tales como beta oxidación, reesterificación para formar fosfolípidos y triglicéridos (Herrera & Desoye, 2016). Las mujeres con DMG presentaron niveles elevados de FABP4 en los tres trimestres de gestación en comparación con las mujeres sin DMG. El aumento de FABP4 promueve la acumulación de ácidos grasos libres y suprime la actividad de proteínas en la vía de señalización de fosfatidilinositol 3-quinasa (PI3K) – proteína quinasa B (AKT), lo que conlleva a la inhibición de la glucólisis así como la disminución de la captación y la utilización de la glucosa en tejido adiposo, músculo

e hígado (Trojnar et al., 2019). Lo anterior podría estar relacionado al estado de hiperglicemia e hipertrigliceridemia observado desde el primer trimestre en las mujeres que desarrollaron DMG.

Resultados similares fueron reportados por Tu et al. (2017), quienes encontraron que las mujeres chinas embarazadas que desarrollaron DMG presentaron concentraciones séricas elevadas de FABP4 en el primer trimestre de embarazo en comparación con el grupo control. Sin embargo, el punto de corte reportado por dichos autores fue de >18.5 µg/L (con sensibilidad de 81.8% y especificidad de 71.2%), mientras que en el presente estudio se encontró un punto de corte de >6.0 µg/L (con sensibilidad de 84.2% y especificidad de 86.7%). La diferencia en los puntos de corte encontrados para la proteína FABP4 sostiene la importancia de evaluar las herramientas diagnósticas en diferentes grupos étnicos, ya que éste es considerado como un factor de riesgo para el desarrollo de DMG.

Es importante mencionar que la Guía de Práctica Clínica para el Diagnístico y Tratamiento de la Diabetes en el Embarazo (IMSS-320-10) indica que una vez que se realiza el diagnóstico de DMG, se deben realizar recomendaciones de cambios de estilo de vida (alimentación y actividad física) y, si es necesario, iniciar con tratamiento farmacológico. Tras dos semanas de tratamiento, se repite la prueba de CTOG para evaluar la progresión de la enfermedad y así sucesivamente hasta que la prueba sea negativa o culmine el embarazo. Por lo tanto, la prueba diagnóstica funciona también como prueba de monitoreo o de progresión de la enfermedad.

Es por ello que en este estudio se realizó la cuantificación de las proteínas candidatas a biomarcador en los tres trimestres de gestación. De manera interesante, la curva ROC de FAPB4 en el primer trimestre de gestación presentó un valor de AUC de 0.9140 ($p<0.0001$). Sin embargo, los valores de AUC de FABP4 disminuyeron conforme avanzó el embarazo, obeniendo un valor de 0.8351 ($p=0.0009$) en el segundo trimestre de gestación y de 0.7579 ($p=0.0108$) en el tercer trimestre de gestación. Por lo tanto, la propuesta de FABP4 como herramienta diagnóstica de DMG es considerada como 'excelente' en el primer trimestre de gestación (AUC=0.90-0.99), 'buena' en el segundo trimestre de gestación (AUC=0.80-0.89) y 'aceptable' en el tercer trimestre de gestación (AUC=0.70-0.79). La disminución del AUC y, como consecuencia, de la sensibilidad y especificidad de FABP4 conforme avanza el embarazo podría estar relacionado a las alteraciones hormonales y metabólicas que se presentan en los últimos trimestres de la gestación.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la proteína FABP4 presenta una alta sensibilidad y especificidad para discriminar entre mujeres mexicanas sin DMG y con DMG en el primer trimestre de gestación, por lo que esta proteína podría ser propuesta como un biomarcador sérico para el diagnóstico temprano de DMG. Sin embargo, la sensibilidad y especificidad de la proteína FABP4 disminuye conforme avanza el embarazo; por lo que no puede ser propuesta como biomarcador para el monitoreo de la progresión de la DMG.

Referencias bibliográficas

Agarwal, M. M. (2016). Gestational diabetes mellitus: Screening with fasting plasma glucose. *World Journal of Diabetes*, *7*(14), 279-289.

American Diabetes Association. 2. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. Diabetes Care 2020; 43(Suppl. 1): S14–S31.

Bawah, A. T., Seini, M. M., Abaka-Yawason, A., Alidu, H., & Nanga, S. (2019). Leptin, resistin and visfatin as useful predictors of gestational diabetes mellitus. *Lipids in Health and Disease*, *18*(1), 221-228.

Baz, B., Riveline, J.-P., & Gautier, J.-F. (2016). ENDOCRINOLOGY OF PREGNANCY: Gestational diabetes mellitus: definition, aetiological and clinical aspects. *European Journal of Endocrinology*, *174*(2), R43–R51.

Denney, J. M., & Quinn, K. H. (2018). Gestational Diabetes. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, *45*(2), 299–314.

Dereke, J., Nilsson, C., Strevens, H., Landin-Olsson, M., & Hillman, M. (2020). Pregnancy-associated plasma protein-A2 levels are increased in early-pregnancy

gestational diabetes: A novel biomarker for early risk estimation. *Diabetic Medicine*, *37*(1), 131–137.

Diagnóstico y tratamiento de la diabetes en el embarazo. México: Instituto Mexicano del Seguro Social; 03/11/2016. Recuperado de http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/320GER.pdf

Farina, A., Eklund, E., Bernabini, D., Paladino, M., Righetti, F., Monti, G., & Lambert-Messerlian, G. (2017). A First-Trimester Biomarker Panel for Predicting the Development of Gestational Diabetes. *Reproductive Sciences*, *24*(6), 954–959.

Federación Internacional de Diabetes. Atlas de la Diabetes de la FID, 9ª edición. Bruselas, Bélgica: Federación Internacional de Diabetes, 2019. https://www.diabetesatlas.org

Herrera, E., & Desoye, G. (2016). Maternal and fetal lipid metabolism under normal and gestational diabetic conditions. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, *26*(2), 109-127.

Johns, E. C., Denison, F. C., Norman, J. E., & Reynolds, R. M. (2018). Gestational Diabetes Mellitus: Mechanisms, Treatment, and Complications. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *29*(11), 743–754.

Martin, K. E., Grivell, R. M., Yelland, L. N., & Dodd, J. M. (2015). The influence of maternal BMI and gestational diabetes on pregnancy outcome. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *108*(3), 508–513.

Ning, H., Tao, H., Weng, Z., & Zhao, X. (2016). Plasma fatty acid-binding protein 4 (FABP4) as a novel biomarker to predict gestational diabetes mellitus. *Acta Diabetologica*, *53*(6), 891–898.

Qazi, Dr. A., Fahim, Dr. A., Qureshi, Dr. A., & ul Haque, Dr. M. (2016). GESTATIONAL DIABETES MELLITUS; STILL A GREAT PROBLEM. *The Professional Medical Journal*, *23*(01), 15–19.

RayBiotech, Inc. (2018) RayBio Custom G-Series Antibody Array. Manual del fabricante.

Trojnar, M., Patro-Małysza, J., Kimber-Trojnar, Ż., Leszczyńska-Gorzelak, B., & Mosiewicz, J. (2019). Associations between Fatty Acid-Binding Protein 4–A Proinflammatory Adipokine and Insulin Resistance, Gestational and Type 2 Diabetes Mellitus. *Cells*, *8*(3), 227-242.

Tu, W.-J., Guo, M., Shi, X.-D., Cai, Y., Liu, Q., & Fu, C.-W. (2017). First-Trimester Serum Fatty Acid-Binding Protein 4 and Subsequent Gestational Diabetes Mellitus: *Obstetrics & Gynecology*, *130*(5), 1011–1016.

Wang, J., Li, Z., & Lin, L. (2019). Maternal lipid profiles in women with and without gestational diabetes mellitus: *Medicine*, *98*(16), e15320-e15325.

Zhang, T., Du, T., Li, W., Yang, S., & Liang, W. (2018). Sex hormone-binding globulin levels during the first trimester may predict gestational diabetes mellitus development. *Biomarkers in Medicine*, *12*(3), 239–244.

Zhao, D., Shen, L., Wei, Y., Xie, J., Chen, S., Liang, Y., Chen, Y., & Wu, H. (2017). Identification of candidate biomarkers for the prediction of gestational diabetes mellitus in the early stages of pregnancy using iTRAQ quantitative proteomics. *Proteomics - Clinical Applications*, *11*(7–8), 1600152–1600164.

Nivel de empatía en estudiantes de medicina de área clínica

Cuenca-Nuñez, Ana Yenixa[1] & Quintero-Crispín, Ana Laura[2]
[1]Estudiante de ciclos básicos. [2]Docente de ciencias de la salud. Universidad Anáhuac Querétaro
a.yenixacuenca@gmail.com
ana.quintero87@anahuac.mx

Resumen

Introducción. La empatía es un concepto que cobra importancia en el siglo XX, se asocia con la capacidad del individuo de ponerse en el lugar del otro. Diversos autores señalan que es una cualidad deseable en los médicos de área clínica y que se desarrolla con el tiempo no necesariamente con estrategias de enseñanza. **Objetivo.** Determinar la asociación entre la empatía, la edad, el sexo y el semestre de los estudiantes de medicina de área clínica. **Material y Métodos.** Estudio observacional, correlacional y transversal con una muestra por conveniencia de 158 estudiantes del área clínica y de servicio social. Posterior a su consentimiento informado, se aplicó la escala de empatía de Jefferson, con 20 reactivos medidos en una escala tipo Likert de 7 puntos. El estudio fue de riesgo mínimo. Se aplicaron estadísticas descriptivas, los IC y Chi cuadrada con un 95% de confiabilidad. **Resultados.** La edad de los estudiantes fue de 21.43±1.24 años y el 65% fueron del sexo femenino. La media de puntaje de empatía fue de 89.7±9. Los IC del 95% y la Chi Cuadrada mostraron que la variable sexo tiene una relación con los puntajes de empatía. Sin embargo, en general se observó que la empatía esperada es más baja que la reportada en otros estudios. **Conclusiones.** La empatía se asocia positivamente y de intensidad moderada con el sexo de los estudiantes de medicina; los estudiantes de 5º., 6º. y servicio social mostraron mejores IQR para los puntajes de empatía.

Palabras clave: *Empatía, Medicina, Estudiantes, área clínica*

Summary

Introduction. Empathy is a concept that gains importance in the 2000´s, it is associated with the individual's ability to put oneself in someone else´s place. Several authors have point out that it is a desirable quality in the clinical areas and that it develops over time or necessarily with teaching strategies. **Objective.** To determine the association between empathy, age, sex, and grade of medical students in the clinical area. **Material and methods**. An observational, correlational, and cross-sectional study with a convenience sampling of 158 students from the clinical and social service areas. After their informed consent, the Jefferson empathy scale was applied, with 20 items measured on a 7-point Likert-type scale. The study was of minimal risk. Descriptive statistics, CI, and Chi-squared test with 95% reliability were applied. **Results.** The age of the students was 21.43 ± 1.24 years and 65% were female. The mean empathy score was 89.7 ± 9. The 95% CIs and the Chi-Square test showed that the gender variable has a relation with the empathy scores. However, in general, it was observed that the expected empathy is lower than reported in other studies. **Conclusions.** Empathy is positively associated and of moderate-severe with the sex of medical students; 5th, 6th-grade students and social service showed better IQRs for empathy scores.

Keywords: *Empathy, Medicine, Students, clinical area*

Introducción

Santacruz-Bravo, JD (2016) señala que, desde los tiempos del juramento hipocrático, se planteó la importancia de conservar el concepto de humanidad; con principios como: el respeto al paciente, la confidencialidad, la accesibilidad y la competencia profesional. Con el código Hammurabi en 1683, se instauraban las primeras sanciones a las que se harían acreedores los galenos

por aquellas prácticas que produjeran lesión, destrucción de un órgano o la muerte. Es decir, el hablar de humanización en la atención clínica implica relacionarla con los derechos del paciente. (Santacruz-Bravo, 2016)

La aspiración máxima del humanismo en la educación es la formación integral de la personalidad, del ser y su plena realización como ser humano, y el cultivo de la sensibilidad para desarrollar sus verdaderas potencialidades creadoras, lo que puede lograrse por medio del proceso de enseñanza aprendizaje. (Sánchez Andrade, 2017) La concepción del humanismo se enfoca en su carácter integral, íntimamente ligada a la historia del hombre, así como a su realización, esto representaría la base para potencializar sus capacidades y alcanzar la plenitud de su desarrollo.

Los grandes avances que ha traído la medicina, el uso de nuevas tecnologías con el propósito de mejorar la situación del enfermo e incursionar en el conocimiento del cuerpo humano son reconocidos. Sin embargo, se debe considerar al paciente desde el enfoque holístico. (Benitez-Bibriesca, 2017) (Oseguera, 2006) El médico no solo debe conocer de ciencias, sino cultivarse en lo que enriquece al espíritu del ser humano.

La formación de los futuros médicos debe incluir distintos elementos para fomentar la medicina humanística, uno de ellos es el valor de la empatía. En el artículo sobre la *"Empatía en la medicina"* por García Sólis, E. (2015) retoma que proviene del término griego *ἐμπαθη ς΄ empátheia* (emocionado) y se refiere a la capacidad cognitiva de percibir, en un contexto común, lo que otro individuo puede sentir. La describe como un sentimiento de participación afectiva de una persona en la realidad que afecta a otra. Así como, apreciar los sentimientos del otro. El término *empathy* fue introducido en 1909 por el psicólogo inglés Edward Bradner Titchener como traducción de la palabra alemana *einfühlung.* Southard fue el primero en incorporar la empatía en 1918 a la relación médico-paciente como un recurso para facilitar el diagnóstico y la terapéutica. (Gacía Sólis, 2015)

La empatía se define como los actos mediante los cuales se aprende la vivencia ajena; como expresa Stein, citado por Hojat, M. (2012) *"es la experiencia de la conciencia ajena en general. Es la experiencia que un yo tiene de otro yo, experiencia en la que aprehende la vida anímica de su próximo".* (Hojat, 2012)

Este valor es el que promueve el respeto hacia la dignidad de la persona, en este caso sana o enferma. La formación empática genera mayor satisfacción en el paciente y aumenta su confianza; además, incrementa la habilidad diagnóstica y terapéutica del médico, reduciendo el riesgo de demandas por mala práctica; la empatía médica se asocia a una mejor competencia clínica y satisfacción profesional. (Alcorta-Garza, González Guerrero, Távitas-Herrera, & Rodríguez-Lara, 2005)

En el estudio reportado por Esquerda, M., Yuguero, O., Viñas, J. Pifarre, J. en el 2016, estudiaron un total de 191 estudiantes de medicina y midieron la evolución de la empatía durante en 1º. 3º. 4º y 5º, con el *test* TECA para medir empatía cognitiva y afectiva. Concluyeron que la empatía se incrementa en los cursos de medicina, pero este se da en las mujeres y los hombres mantienen niveles de empatía estables, más bajos y menos modificables con la experiencia. Encontraron que el hecho de participar en voluntariado, haber vivido de cerca la enfermedad de un amigo se relacionaron con mayor empatía. (Esquerda, 2016)

En la actualidad, con los problemas que enfrentamos como sociedad, prevalece la falta de conciencia en la humanización del cuidado médico, además en el modelo neoliberal de gobierno, en donde hay un *"mercadeo en salud",* los usuarios o pacientes se transforman en *"clientes o consumidores"* de servicios y se amplía la brecha en la relación médico-paciente. La enseñanza médica tiene el desafío de promover y concientizar a cada uno de los estudiantes en la humanización de la medicina. (Ramiro H., 2017) Esto se reflejará en la disposición y capacitación de los estudiantes y en su reto de trascender más allá de lo físico en sus pacientes. Por lo que esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la asociación de la

empatía en estudiantes de medicina de área clínica con la edad, el sexo y el semestre que permita reunir información y hacer propuestas de mejora en el fomento de empatía en las asignaturas clínicas.

Metodología

Se realizó un estudio observacional, transversal correlacional (Hernández Sampieri, 2018), la muestra se calculó con la fórmula para proporciones población finita, y se seleccionaron por conveniencia. Fue un total de 158 estudiantes, que cumplieron con los criterios de inclusión: ser de la carrera de medicina de ciclos clínicos, semestres de 5º. a 8º. o de servicio social y que estuvieran de acuerdo con el consentimiento informado. La edad de los estudiantes tuvo una media de 21.43±1.24 años, siendo el 65% del sexo femenino. Previo consentimiento informado, se les aplico la *Jefferson Scale of Empathy (JSE*), la cual mide la empatía en los médicos y en otros profesionales de salud que están en el cuidado del paciente en ambientes clínicos. Asi como también se aplica a estudiantes en su preparación para desempeñarse en el área clínica. Hay tres versiones una para estudiantes de medicina, otra para profesionales de la salud y para estudiantes de otras profesiones de salud. (Hojat M. , 2016) En esta investigación se aplicó la versión para estudiantes de medicina. Esta escala es de tipo Likert de siete puntos con 20 enunciados, en donde el 1 representa totalmente en desacuerdo y el 5 totalmente de acuerdo, el puntaje más alto representa mayor nivel de empatía. (20-140 puntos). Se aplico estadistica descriptiva (frecuencias, porcentajes, media, moda, desviación estándar y cuartiles) y para el análisis de datos se aplicaron los Intervalos de Confianza (IC 95%) así como la Chi cuadrada. De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación. (Diario Oficial de la Federación, 2014)

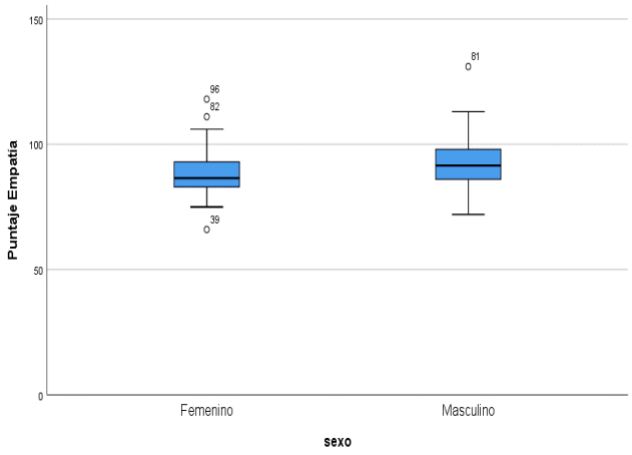
Resultados

La distribución de los estudiantes que participaron en el estudio se muestra en la Tabla 1, el 36.1% cursaron el 5º. semestre mientras que sólo un 2.5% fueron de servicio social.

Tabla1. Distribución por semestre de los estudiantes de medicina, 2020. (n=158)

Semestre	Frecuencia	%
5o. semestre	57	36.1
6o. Semestre	35	22.2
7o. semestre	28	17.7
8o. semestre	34	21.5
Servicio social	4	2.5
Total	**158**	**100.0**

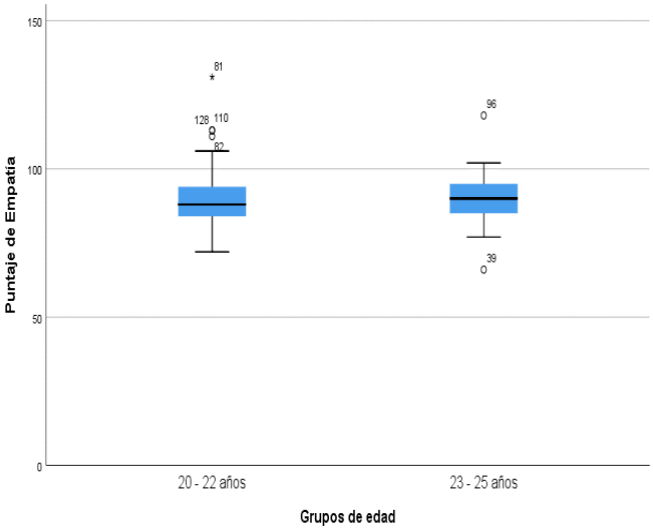
En relación con los cuartiles para los puntajes de empatía según sexo de los estudiantes de medicina en la Gráfica 1, el Q_2 se ubicó en 86.5 puntos (IQR=10), es decir, el 50% de las mujeres ésta en ese puntaje de empatía, mientras que los hombres en el 91.5 (IQR=12) hay una diferencia de cinco puntos, notando que estos últimos alcanzan puntajes cercanos a 100.



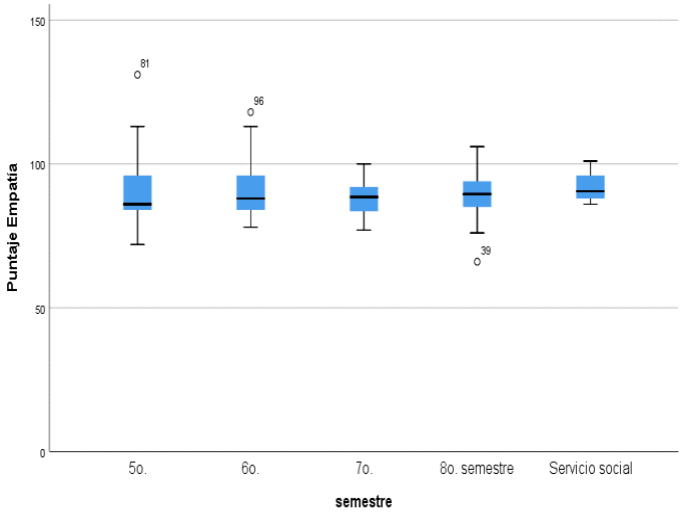
Gráfica 1. Puntaje obtenido en la Escala de Empatía de Jefferson en estudiantes de medicina por sexo.

De acuerdo con la edad, se encontró que el Q_2 para el grupo de 18 a 22 años fue de 88 puntos (IQR=10),

mientras que para el de 23 a 27 fue de 90 (IQR=11), con una diferencia de dos puntos. (Ver Gráfica 2). Por otro lado, en la Gráfica 3 se calcularon los cuartiles para los puntajes de empatía según el semestre de estudio de área clínica, así como de servicio social, se advierte que más del 50% de los estudiantes de 5º. Semestre están por arriba de 86 puntos a pesar de que el IQR es de 15. Los de 8º. más del 50% se ubicaron por arriba de los 90.5 puntos con un IQR de 12 puntos. En cambio, para el 7º. Semestre los estudiantes mostraron un Q2 de 88 puntos, pero con un IQR de 8 puntos lo que significa que el máximo puntaje que alcanza el 75% fue de 93.



Gráfica 2. Puntaje obtenido en la Escala de Empatía de Jefferson en estudiantes de medicina por grupos de edad.



Gráfica 3. Puntaje obtenido en la Escala de Empatía de Jefferson en estudiantes de medicina por semestre.

En la siguiente tabla se observa que los IC95% de las medias de empatía para una población de hombres sería más alto que el de las mujeres, que los estudiantes de medicina entre 23 y 27 años alcanzan hasta 95 puntos de empatía y con relación al periodo académico el 5º., el 6º. y durante el servicio social se presentan puntajes mayores a 93. Adicional a esta información, la media general de puntajes de empatía para los 158 estudiantes fue de 89.7±9, con un valor mínimo de 66 y máximo de 131 puntos.

Tabla 2. Intervalos de Confianza para las medias de puntajes de empatía de los estudiantes de medicina por sexo, edad y semestre.

	95% de IC para la media			
Sexo	**Li**	**Ls**	**Media**	**DE**
Femenino	86.66	90.03	88.34	8.5
Masculino	89.45	94.80	92.13	9.9
Edad				
18 – 22 años	87.94	91.05	89.50	9.1
23 – 27 años	86.44	95.12	90.78	10.03
Semestre				
5º.	87.21	93.27	90.11	11.0
6º	87.34	93.92	90.60	9.5
7º	85.78	90.29	88.04	5.8
8º	86.12	91.93	89.00	8.3
Servicio social	81.85	102.15	92.00	6.3

Finalmente, se encontró que de las variables edad, sexo y semestre la que mostró asociación con el puntaje de empatía fue el sexo, encontrando una X^2 de 5.804, $p<0.01$ con una asociación moderada.

Discusión

Como refiere (Ramiro H., 2017) la empatía es una cualidad deseable en los médicos del área clínica y a pesar de que conlleva un proceso, es conveniente medirla en los estudiantes de pregrado o en su caso de posgrado. Uno de los indicadores de la calidad de atención médica es el trato al paciente que se deriva de la relación médico-paciente y es justamente donde se refleja la empatía del profesional de salud.

En el estudio de validación de la escala en estudiantes de medicina mexicanos (Alcorta-Garza, González Guerrero, Távitas-Herrera, & Rodríguez-Lara, 2005), las mujeres tuvieron puntajes superiores al de los hombres; resultado similar encontraron (Montilva, García, Torres, Puerta, & Zapata, 2015); (Parra Ramírez, 2017) y (Gualber V Mayo, 2019) a diferencia del presente estudio donde la mediana del puntaje de empatía fue mayor en los hombres, este hallazgo fue similar al de (Rozengway Vijil & García Reyes, 2016) en estudiantes de medicina, enfermería y odontología.

(Parra Ramírez, 2017) reportó en 180 estudiantes de medicina que la empatía se relacionó con la edad y el grado escolar, dato que difiere a lo encontrado en esta investigación pues estas variables no tuvieron significancia estadística al asociarlas con la empatía.

Por otro lado, en los hallazgos generales la media de puntaje en empatía fue de 89.7±9, con un valor mínimo de 66 y máximo de 131, es decir , si la empatía se desarrolla con el tiempo como señala (Lingeri Couso, 2015) aún no se logra en esta muestra. Se debe poner énfasis en proponer medidas para impulsar dicho desarrollo, pues como refiere (Ramiro H., 2017) "*Muchas de las quejas contra médicos e instituciones de salud son consecuencia de fallas de comunicación o bien de una deficiente relación médico-paciente"*. Al respecto, la estadística que reporta la Comisión Nacional de Arbitraje Médico (CONAMED) para el periodo comprendido de enero a septiembre del 2020, de un total de 1559 quejas concluidas, 234 se asociaron con la relación médico paciente, representando el 15% del total. (CONAMED, 2020).

Al igual que los estudios citados, en el presente tampoco se encontró correlación con la edad y el semestre que cursan. La confiabilidad de la escala mostró una Alfa de Cronbach de 0.730 diferente a la reportada en otros estudios que osciló entre 0.74 y 0.80.

Conclusiones

Se concluye que los estudiantes de medicina de área clínica en general manejan puntajes por debajo de 89 como punto de cortea. Además, conforme pasan los semestres aumenta a puntajes superiores a 90 inclusive cuando se insertan al servicio social, se ve un aumento en la empatía. En la muestra la variable sexo tuvo asociación positiva con el puntaje de empatía, por lo que se recomendaría estudiar una cohorte con la finalidad de identificar las causas por las que los hombres muestran puntajes más altos que las mujeres.

Referencias Bibliográficas

Alcorta-Garza, A., González Guerrero, J., Távitas-Herrera, S., & Rodríguez-Lara, F. &. (Octubre de 2005). Validación de la escala de empatía médica de Jefferson en estudiantes de medicina mexicanos. *Salud Mental, 8*(5), 57-63.

Benitez-Bibriesca, L. (2017). Medicina y Humanismo. *Acta Médica Grupo Ángelez, 5*(2), 101-104.

CONAMED, C. N. (2020). *Información estadística 2020.* México: Gobierno de México. Recuperado el 27 de Noviembre de 2020, de https://www.gob.mx/conamed/documentos/informacion-estadistica-2020

Diario Oficial de la Federación, D. (2 de Abril de 2014). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación. Cd. de México, México.

Esquerda, M. Y. (2016). La empatía médica,¿nace o se hace? Evolución de la empatía en estudiantes de medicina. *Aten Primaria, 48*(1), 8-14.

Gacía Sólis, E. (2015). La empatía en la medicina. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab, 62*(4), 204-5. Obtenido de www.medigrpahic. com/patologiaclinica

Gualber V Mayo, E. G. (2019). Utilización de la Escala de Empatía Médica de Jefferson en residentes que realizan su especialización en un hospital peruano. *Rev Neuropsiquiatr, 82*(2), 131-140.

Hernández Sampieri, R. &. (2018). *Metodología de la investigación.* México: McGraw Hill Education.

Hojat, M. (2012). *Empatía en el cuidado del paciente.* México: Manual Moderno.

Hojat, M. (2016). *Empathy in Health Professions Education and Patient Care.* New York: Springer International Publishing Switzerland.

Lingeri Couso, M. (Octubre de 2015). Empatía: efectos de los vínculos primarios. Montevideo, Uruguay: [Tesis] Universidad de la República .

Montilva, M., García, M., Torres, A., Puerta, M., & Zapata, E. (2015). Empatía según la escala de Jefferson en estudiantes de Medicina y Enfermería en Venezuela. *Investigación educ médica, 4*(16), 223-228.

Oseguera, J. (2006). El humanismo en la educación médica. *Revista Educación, 30*(1), 51-63.

Parra Ramírez, G. &. (2017). Nivel de empatía médica y factores asociados. *Inv Ed Med, 6*(24), 221-227.

Ramiro H., M. &. (2017). Empatía, relación médico-paciente. *Med int mex, 33*(3), 299-302.

Rozengway Vijil, H., & García Reyes, A. &. (2016). Niveles de empatía según la escala de Jefferson en estudiantes de Medicina, Enfermería y Odontología de Honduras. *Rev Cient Cienc Méd , 19*(2), 14-19.

Sánchez Andrade, V. &. (2017). La formación humanista. Un encargo para la educación. *Universidad y Sociedad, 9*(2), 265-269.

Santacruz-Bravo, J. (2016). Humanización de la calidad en la atención clínica en salud desde la perspectiva centrada en el paciente. *Rev Univ Salud, 18*(2), 373-384.

Metabolómica como propuesta de diagnóstico temprano para diabetes gestacional

Karla Liliana García-Mejía[1a]; Claudia Ivonne Briones-Hernández[1b]; Samantha Arias-Covarrubias[1c]; Eduardo Castaño-Tostado[1d]; David Gustavo García-García[1e], Rosalía Reynoso-Camacho[1f], Alma Delia Bertadillo-Jilote[1g]; Iza Fernanda Pérez-Ramírez[1h]

[1]Facultad de Química, Universidad de Autónoma de Querétaro
[a] lili.garciam@outlook.es
[b] claudiaIvonne90@hotmail.com
[c] sami_ariascovar93@hotmail.com
[d] ecastano@uaq.mx
[e] davidg3.mx@hotmail.com
[f] rrcamachomx@yahoo.com.mx
[g] aldebeji@hotmail.com
[h] iza.perez@uaq.mx

Resumen

La diabetes mellitus gestacional (DMG) se define como la intolerancia a la glucosa que se desarrolla en el embarazo, lo que resulta en una hiperglucemia de gravedad variable y que promueve el desarrollo de complicaciones fetales y maternas. Su diagnóstico se realiza en las semanas 24-28 de gestación, lo que representa un diagnóstico tardío. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis metabolómico, mediante enfoque dirigido y no dirigido, para identificar metabolitos séricos como candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG en el primer trimestre de gestación. El diseño de estudio fue observacional, comparativo y transversal. Se realizó el análisis metabolómico dirigido y no dirigido en muestras séricas de 19 mujeres con DMG y 12 sin DMG mediante Cromatografía de Líquidos de Ultra-Resolución acoplada a un Espectrómetro de Masas de Cuadrupolo-Tiempo de vuelo (UPLC-QTOF MS^E), seguido de un análisis estadístico multivariado y posteriormente la validación analítica con Curvas Características del Receptor (ROC). El análisis metabolómico no dirigido no permitió la discriminación entre las mujeres con DMG y sin DMG; sin embargo, dicha discriminación fue lograda con el enfoque dirigido, siendo que se identificaron 17 metabolitos de interés. El análisis de curvas ROC indicó que los metabolitos lisoPI (20:1), lisoPI (20:4), PA (16:1/20:3) y PI (16:1/18:1) presentaron la mayor sensibilidad y sensibilidad para discriminar entre mujeres con DMG y sin DMG. Por lo tanto, dichos metabolitos podrían ser propuestos como candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG en mujeres mexicanas en las semanas 11-14 de gestación.

Palabras claves: metabolómica; diagnóstico temprano, diabetes mellitus gestacional.

Abstract

Gestational diabetes mellitus (GDM) is characterized as a state of glucose intolerance developed during pregnancy that results in hyperglycemia of variable severity and that promotes the development of fetal and maternal complications. GDM diagnosis is carried out during the 24-28 weeks of gestation, thus it is considered a late diagnosis. The aim of this study was to carry out a metabolomic analysis through targeted and non-targeted approaches to identify serum metabolites that can be proposed as biomarker candidates for the early diagnosis of GDM in the first trimester of pregnancy. The study design was observational, comparative, and transversal. The targeted and non-targeted metabolomic analyses were carried out in serum samples obtained from 19 pregnant women with GDM and 12 without GDM through Ultra-Resolution Liquid Chromatography coupled to a Quadrupole-Time of Flight Mass Spectrometer (UPLC-QTOF MSE), which was followed by a multivariate statistical analysis and the analytical validation by Receiver Operating Characteristic (ROC) curves. The non-targeted metabolomic analysis did not allow the discrimination between pregnant women with GDM and without GDM; however, this discrimination between groups was achieved with the targeted metabolomic analysis,

where 17 metabolites were identified as discriminators. The ROC curve analysis indicated that the metabolites lysoPI (20:1), lysoPI (20:4), PA (16:1/20:3) and PI (16:1/18:1) showed the highest sensitivity and specificity to discriminate between the study groups. Therefore, these metabolites can be proposed as biomarker candidates for the early diagnosis of GDM in Mexican women at the 11-14 gestation weeks.

Keywords: metabolomics; early diagnosis; gestational diabetes mellitus.

Introducción

La diabetes mellitus gestacional (DMG) es un importante problema de salud pública y una de las complicaciones más comunes del embarazo. Se define como "un trastorno metabólico con un tipo de intolerancia a la glucosa que se desarrolla en el segundo y tercer trimestre del embarazo, dando como resultado una hiperglucemia de gravedad variable" (Chiefari *et al*., 2017). Dicha intolerancia a la glucosa puede provocar diversas complicaciones a corto plazo: fetales como malformaciones, muerte, corioamnionitis, parto prematuro y macrosomía; neonatales, talla grande para la edad gestacional, lesiones al nacer, hipoglucemia, síndrome de dificultad respiratoria, policitemia, hiperbilirrubinemia e hipocalcemia; así como complicaciones a largo plazo: en el niño, deficiencia en el desarrollo neurológico, obesidad, resistencia a la insulina e intolerancia a la glucosa; y cuando el niño sea adulto, obesidad y diabetes mellitus tipo 2 (Szmuilowicz *et al.*, 2019).

El diagnóstico de DMG se realiza con la curva de tolerancia a la glucosa oral (CTGO) por medio de dos enfoques: el enfoque de dos pasos con una carga de 50 g por 1 h y, en caso de salir alterada la glucosa, se realiza una carga de 100 g por 3 h; y el enfoque de un paso con una carga de 75 g por 2 h. Dicha prueba diagnóstica se realiza entre las semanas 24 y 28 de gestación ya que la resistencia a la insulina aumenta durante el segundo trimestre (Rani & Begum, 2016). Sin embargo, el desarrollo de alteraciones metabólicas que conllevan a la DMG inicia en etapas tempranas del embarazo, por lo tanto, existe un creciente interés en la búsqueda de nuevas herramientas diagnósticas que puedan ser utilizadas desde el primer trimestre de gestación.

La metabolómica es una ciencia ómica con creciente aplicación para el descubrimiento de biomarcadores para distintas enfermedades metabólicas, ya que proporciona una huella digital fenotípica de un sistema biológico complejo, con capacidad única de medir miles de metabolitos en los sistemas biológicos (Gan *et al*., 2019). Existen dos enfoques en los que se divide la metabolómica: en no dirigidos (perfil global) o dirigidos (el análisis de un conjunto de compuestos definido). El enfoque no dirigido tiene el objetivo de capturar tantas características de metabolitos como sea posible. Estos conjuntos de datos se utilizan para comparar estados normales y de enfermedad por medio de análisis estadísticos multivariados, y posteriormente realizar la identificación los metabolitos de interés. La principal característica de este enfoque es su capacidad de descubrir metabolitos nuevos y potencialmente relevantes. Por otro lado, la metabolómica dirigida tiene el objetivo de analizar un conjunto de compuestos, regularmente aquellos dentro de la misma vía metabólica o que tienen similitud estructural. Aunque su alcance es limitado, ya que solo se identifican los metabolitos de interés que se plantean en la búsqueda, la metabolómica dirigida ofrece la comprensión profunda de una parte del metaboloma (Filla & Edwards, 2016).

En este sentido, existen pocos estudios que han evaluado el perfil metabolómico en mujeres con DMG, dentro de los cuáles la mayoría han sido realizados con un enfoque dirigido. Por ejemplo, Bentley y col. (2015) encontraron que los niveles séricos de ácido antranílico, alanina, glutamato, alantoína y serina fueron significativamente más altos en mujeres con DMG en el primer trimestre de gestación, mientras que los niveles séricos de creatinina fueron más bajos en comparación con mujeres embarazadas con tolerancia normal a la glucosa en el primer trimestre de gestación. Con respecto a los perfiles metabolómicos no dirigidos, Law y col. (2017) analizaron muestras séricas de mujeres chinas embarazadas con DMG y sin DMG en el primer trimestre de gestación, encontrando alteraciones en los niveles de fosfolípidos insaturados. Sin embargo, en dichos estudios no se

realizó el análisis y la propuesta de los metabolitos discriminantes como candidatos a biomarcador de DMG.

Debido a la alta variabilidad de metabolitos propuestos como candidatos a biomarcador para el diagnóstico de DMG dependiendo de la población de estudio, resulta de importancia realizar este tipo de estudios en población mexicana para poder proponer una herramienta diagnóstica específica para nuestra población, la cual presenta una alta predisposición genética para el desarrollo de DMG. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG en muestras séricas obtenidas de mujeres mexicanas embarazadas en el primer trimestre de gestación por medio de metabolómica dirigida y no dirigida.

Metodología

Población de estudio

El diseño del estudio es observacional, transversal y comparativo de dos grupos. El proyecto de investigación fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro (CBQ20/059). Se realizó el reclutamiento durante el periodo mayo 2018 a noviembre 2019 de mujeres mexicanas embarazadas que asistían a consultas prenatales en el Hospital del Niño y la Mujer en Querétaro y que decidieron participar en el estudio.

Los criterios de inclusión fueron mujeres mexicanas embarazadas, de 18 a 40 años, con asistencia a visitas prenatales en el Hospital del Niño y la Mujer en Querétaro y que se encontraban en el primer trimestre de gestación (11-14 semanas de gestación). Los criterios de exclusión fueron embarazo múltiple, diagnóstico de daño renal, hipertensión arterial, hepatitis B, desórdenes del sistema inmune y daño hepático. Los criterios de eliminación fueron aquellas participantes que presenten los criterios de exclusión en el transcurso del estudio, aquellas participantes que decidan cambiar de hospital, que no regresen a las siguientes visitas prenatales o que decidan abandonar voluntariamente el estudio. Siguiendo el protocolo de Helsinki, todas las participantes del estudio dieron su consentimiento informado por escrito.

Se realizó la recolección de datos personales, historia clínica y de antecedentes familiares, así como la medición de parámetros antropométricos (altura y peso) y la toma de muestra sanguínea venosa para análisis bioquímico y metabolómico. El diagnóstico de DMG en las participantes fue realizado en las semanas 24-28 de gestación de acuerdo con las pautas que recomiendan la Asociación Americana de Diabetes (ADA) y la Organización Mundial de la Saludo (OMS) de la Asociación Internacional de Grupos de Estudio de Diabetes y Embarazo (IADPSG), que consistió en realizar una prueba de tolerancia a la glucosa con una carga de 75 g de glucosa durante 2 h. Se realizó el diagnóstico de DMG cuando uno de los valores de glucosa estaba alterado: glucosa en ayuno ≥ 92 mg/dL, glucosa de 1 hora postcarga ≥180 mg/dL, y/o glucosa de 2 horas postcarga ≥153 mg/dL (Rani & Begum, 2016).

Determinación del perfil bioquímico

La determinación de la concentración de glucosa, colesterol, lipoproteínas de alta densidad (HDL-c), lipoproteínas de baja densidad (LDL-c), lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL-c) y triglicéridos se llevó a cabo en la Unidad de Servicios Químicos de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro por medio de kits enzimáticos colorimétricos de punto final (Pointe Scientific) utilizando un equipo automatizado, con los controles de calidad correspondientes. Los niveles de c-LDL y c-VLDL se obtuvieron mediante cálculos con la fórmula de Friedewald la cual es la siguiente: c-LDL= Colesterol total–(Triglicéridos/5)-c-HDL) y c-VLDL=(Triglicéridos/5) (Friedewald *et al*., 1972). La determinación de insulina en suero fue por medio del método de quimioluminiscencia utilizando un equipo automatizado (Cobas e 411), con los controles de calidad correspondientes.

Perfil metabolómico

Extracción de los metabolitos

El flujo experimental para la extracción de metabolitos de cada muestra de suero sanguíneo fue el siguiente (Yannell *et al*., 2018): en un tubo eppendorf cónico de 2 mL se agregaron 80 µL de suero sanguíneo, 200 µL de cloroformo y 360 µL de metanol. Dicho tubo se colocó en el agitador vórtex

por 30 segundos. Posteriormente se añadieron 200 µL de cloroformo y 200 µL de agua (disolvente orgánico polar) y por segunda ocasión se colocó el tubo en el agitador vórtex por 60 segundos, el paso siguiente fue el proceso de centrifugación a 8 000 rpm por 60 min; al finalizar dicho proceso se logró visualizar tres frases: la superior incolora que corresponde a los metabolitos polares; la fase intermedia de color blanco a proteínas; y la fase inferior incolora a los metabolitos no polares. La fase polar y no polar fueron recolectadas de manera independiente y se evaporó el disolvente (SpeedVac, ThermoFisherScientific) a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, fueron resuspendidas en 300 µL de metanol. Las muestras fueron sonicadas por 10 minutos y centrifugadas a 12 000 rpm por 10 min. Finalmente, se recolectó el sobrenadante y fue transferido a un inserto en un vial de cromatografía para su posterior análisis.

Método UPLC-MS para análisis metabolómico

El análisis metabolómico fue llevado a cabo en un equipo de Cromatografía Líquida de Ultra Resolución (UPLC) con un Espectrómetro de Masas de Cuádrupolo con Tiempo de Vuelo (QToF) que funciona en modo MS^E utilizando una fuente de ionización de electrospray (ESI) (Vion, Waters). Para la separación cromatográfica de los metabolitos se utilizó una columna BEH C18 (2.1x 100 mm, 1.7 µm), con un programa de elución de gradiente. La fase móvil fue A) agua con 0.1% de ácido fórmico y b) acetonitrilo con 0.1% de ácido fórmico. La fase móvil fue administrada a una velocidad de flujo de 0.4 mL/ min inicialmente con 5% de B y 95% de A hasta el minuto 2, seguido de un gradiente de 95% B y 5% A hasta el minuto 25 para finalmente terminar la ejecución cromatográfica 5% B y 95% A. La temperatura de la columna se ajusto a 35 ºC. El volumen de inyección fue de 2 µL. Se hizo funcionar el MS en modo de ionización negativa (ESI-), con una colisión de baja energía de 6 eV y de alta energía de 15-45 eV; el voltaje de capilar de 2-3.5 kV y el voltaje de cono de 40 V. Se llevó a cabo la corrección de masas durante el análisis de cada muestra la introducción a la interfaz LockSpray de leucina encefalina con 200 pg/mL cada 5 min.

Análisis de datos metabolómicos

Para el análisis metabolómico no dirigido, se realizó la adquisición de datos y la corrección de masas en el software UNIFI (Waters). Posteriormente, se realizó la selección de aductos, alineación de picos y selección y deconvolución de picos en el software Progenesis QI (Waters). Los datos crudos fueron exportados al software de análisis estadístico MetaboAnalyst 4.0 (https://www.metaboanalyst.ca/) donde se realizó el Análisis Discriminante de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-DA). El pretratamiento de datos estadísticos incluyó la normalización de los datos por suma y transformación en raíz cúbica.

Para el análisis metabolómico dirigido, se realizó la adquisición de datos y su procesamiento en el software UNIFI utilizando métodos de análisis que incluyeron la fórmula molecular, masa exacta del ion pseudomolecular, aducto y fragmentos característicos para la búsqueda de los metabolitos de interés, los cuales incluyeron glicerofosfolípidos y acilos grasos obtenidos de la Human Metabolome Database (HMDB) y Lipidmaps. Tras su identificación, los datos fueron exportados al software de Metaboanalyst para la construcción de PLS-DA. El pretratamiento de datos estadísticos incluyó el reemplazo de los valores faltantes por 1/5 de los valores positivos mínimos de sus variables correspondientes, normalización de los datos por suma y transformación en raíz cúbica Posteriormente se obtuvieron las Variables Importantes en la Proyección (VIP) del PLS-DA para identificar los metabolitos que discriminaron entre grupos de estudio; es decir, aquellos metabolitos posibles como candidatos a biomarcador.

Análisis estadístico

El análisis univariado de las determinaciones bioquímicas y de los metabolitos candidatos a biomarcador fue realizado con la prueba t de student (variables paramétricas) o U de Mann-Whitney (variables no paramétricas) en el software Prism de GraphPad y la significancia estadística se definió como $p < 0.05$. La validación analítica de los candidatos a biomarcador se realizó utilizando un modelo logístico de construcción de curvas características del receptor (ROC) para la estimación

de sensibilidad y especificidad analítica en el software de Metaboanalyst.

Resultados

Historia clínica

Para realizar el presente estudio se llevó a cabo el reclutamiento de 200 mujeres mexicanas embarazadas en el primer trimestre de gestación (semanas 11-14 de gestación), de las cuáles únicamente 31 cumplieron con los criterios de inclusión/exclusión y finalizaron el estudio longitudinal. En las semanas 24-28 de gestación se realizó la prueba diagnóstica de DMG, obteniendo que 19 mujeres desarrollaron DMG (grupo enfermo) y 12 mujeres no desarrollaron esta enfermedad (grupo control). Las características clínicas de los grupos de estudio se presentan en el Cuadro 1. Cabe destacar que no se observó diferencia significativa en las semanas de gestación de las mujeres reclutadas en el primer trimestre, lo que indica que el muestreo fue homogeneo.

Las mujeres con DMG presentaron una mayor edad materna en comparación con las mujeres sin DMG (1.21 veces, p=0.091), así como un mayor índice de masa corporal (IMC) pregestacional (1.40 veces, p<0.0001) y en el 1er trimestre de gestación (1.39 veces, p<0.0001) debido a una mayor prevalencia de mujeres con sobrepeso y obesidad. Por otro lado, las mujeres con DMG presentaron un mayor número de embarazos (gravidez) (p=0.0284), lo que podría estar relacionado con la mayor edad materna observada en este grupo de estudio.

Con respecto a los antecedentes, las mujeres con DMG presentaron una mayor prevalencia de antecedentes familiares con diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) en comparación con las mujeres sin DMG (78.9 vs 33.3%, p=0.0111); mientras que no se observó diferencia significativa en el antecedente de DMG en embarazos previos.

Parámetro	Sin DMG (n=12)	Con DMG (n=19)	Valor de *p*
Semana de gestación	12.7 ± 0.3	12.6 ± 0.2	0.9661
Edad materna[1]	23.9 ± 1.7	29.0 ± 1.2	**0.0091**
IMC pregestacional[2]	20.3 ± 0.9	28.4 ± 1.3	**<0.0001**
IMC en 1º trimestre[2]	20.9 ± 0.9	29.0 ± 1.3	**<0.0001**
Gravidez	1.7 ± 0.2	2.6 ± 0.3	**0.0284**
Partos	0.3 ± 0.2	0.8 ± 0.3	0.1298
Cesáreas	0.3 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.4163
Abortos	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	>0.9999
Antecedente de DMG en embarazos previos	0 (0%)	1 (5.2%)	>0.9999
Antecedentes familiares con DMT2	4 (33.3%)	15 (78.9%)	**0.0111**

Cuadro 1. Características clínicas de los grupos de estudio. Los resultados se presentan como media ± error estándar de la media. Los datos se expresan como [1]años, [2]kg/m^2. Los valores de *p* se determinaron mediante la t-test o la prueba U de Mann-Whitney. Los datos categóricos se presentaron como frecuencia y se aplicaron pruebas de chi-cuadrado para comparar las diferencias entre los dos grupos. DMG: diabetes mellitus gestacional; IMC: índice de masa corporal; DMT2: diabetes mellitus tipo 2.

Cuadro 2. Parámetros bioquímicos de los grupos de estudio.

Parámetro bioquímico	Primer trimestre de gestación		
	Sin DMG	Con DMG	Valor de *p*
Glucosa[1]	72.50 ± 1.49	91.11 ± 2.09	**<0.0001**
Insulina[2]	6.37 ± 0.61	22.45 ± 3.3	**<0.0001**
Índice HOMA[3]	1.13 ± 0.10	5.24 ± 0.93	**<0.0001**
Colesterol[1]	159.30 ± 4.44	176.20 ± 5.75	**0.0456**
c-HDL[1]	51.17 ± 1.80	45.05 ± 1.85	**0.0339**
c-LDL[1]	87.33 ± 4.44	99.53 ± 5.26	0.0757
Triglicéridos[1]	104.30 ± 9.37	158.30 ±12.79	**0.0050**

Los resultados se presentan como media ± error estándar de la media. Los valores de *p* se determinaron mediante la t-test o la prueba U de Mann-Whitney. DMG: diabetes mellitus gestacional; HDL: lipoproteína de alta densidad; LDL: lipoproteína de baja densidad.

Parámetros bioquímicos

En el Cuadro 2 se muestran los parámetros bioquímicos de la población de estudio, donde se observa que las mujeres con DMG presentaron niveles aumentados de glucosa (1.26 veces, p<0.0001) e insulina (3.52 veces, p<0.0001), presentando un estado de resistencia a la insulina (índice HOMA >2.1) desde el primer trimestre de gestación.

Con respecto al perfil de lípidos, se observó que las mujeres con DMG presentaron una hiperlipidemia caracterizada por nieveles elevados de colesterol total (1.11 veces, p=0.0456) y triglicéridos (1.52 veces, p=0.0050), así como niveles bajos de c-HDL (1.14

veces, p=0.0339) en comparación con las mujeres sin DMG.

En la Figura 1 se muestran los niveles séricos de glucosa postcarga de 1 y 2 h obtenidos durante la prueba CTGO realizada para el diagnóstico de DMG en el segundo trimestre de gestación. Como era de esperarse, las mujeres diagnosticadas con DMG presentaron niveles más altos de glucosa postcarga en comparación con las mujeres sin DMG (p<0.0001), lo que confirma un estado de resistencia a la insulina en las semanas 24-28 de gestación.

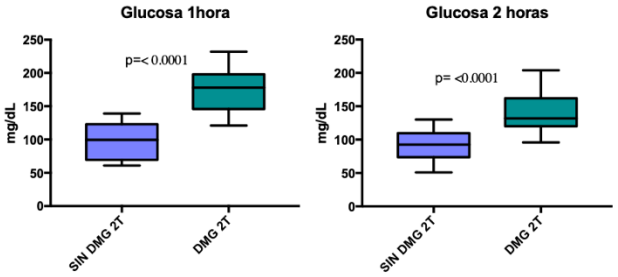


Figura 1. Niveles de glucosa postcarga (75 g de glucosa) a 1 y 2 h para el diagnóstico de diabetes mellitus gestacional. Los resultados se presentan como media y las barras de error representan el error estándar de la media. Los valores de p se determinaron mediante la t-test o la prueba U de Mann-Whitney. DMG: diabetes mellitus gestacional.

Análisis metabolómico no dirigido

Se realizó un análisis metabolómico no dirigido de las muestras séricas obtenidas de las mujeres con DMG y sin DMG en el primer trimestre de embarazo. Los datos crudos obtenidos de dicho análisis fueron analizados por medio de PLS-DA (Figura 2). Es importante mencionar que el perfil metabolómico no dirigido realizado en este estudio no permitió la discriminación entre las mujeres sin DMG y con DMG, ya que se observa un empalme de los grupos de estudio.

Análisis metabolómico dirigido

Se realizó un análisis metabolómico dirigido de las muestras séricas obtenidas de las mujeres con DMG y sin DMG en el primer trimestre de embarazo. Para lo cual, se realizó la identificación de metabolitos de las familias de glicerofosfolípidos y acilos grasos, los cuales ya han sido previamente propuestos como metabolitos alterados de interés en el desarrollo de DMT2 y DMG.

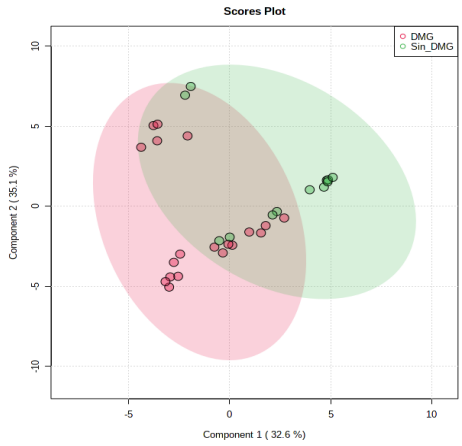


Figura 2. Análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) del perfil metabolómico no dirigido en el primer trimestre de gestación de los grupos de estudio. DMG: Diabetes mellitus gestacional.

Se realizó la identificación de un total de 78 metabolitos en las muestras séricas analizadas, los cuales incluyeron 10 ácidos lisofosfatídicos (lisoPA), 9 lisofosfoinositoles (lisoPI), 2 lisofosfocolinas (lisoPC), 2 lisofosfoserinas (lisoPS), 5 lisofosfoetanolaminas (lisoPE), 8 fosfatidatos (PA), 12 fosfatidilinositoles (PI), 11 fosfatidiletanolaminas (PE), 3 fosfatidilcolinas (PC), 5 fosfatidilserinas (PS); mientras que de la clase de acilos grasos se identificaron 11 ácidos grasos (AG). Todos los metabolitos fueron identificados con base en su masa exacta (error de masa <5 ppm) y el análisis de su patrón de fragmentación. En la figura 3 se muestra un ejemplo del espectro de masas del metabolito AG (22:6), cuyo ion pseudomolecular fue identificado con el aducto [M-H]- (m/z 327) y su fragmento característico correspondió al compuesto decarboxilado (m/z 283).

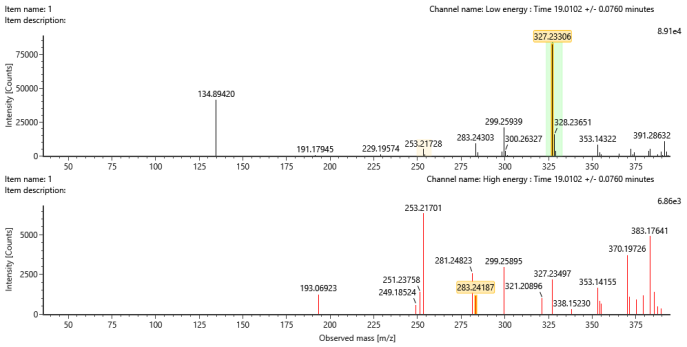


Figura 3. Espectro de masas de baja y alta energía de colisión del metabolito AG 22:6. AG: ácido graso.

El perfil metabolómico dirigido obtenido en este estudio fue analizado por PLS-DA, donde se observa una moderada discriminación entre el grupo sin DMG y el grupo con DMG (Figura 4). El modelo de puntuación arrojada por el PLS-DA indicó que el componente 1 podía discriminar entre los dos grupos, el cual representó el 38% de la varianza total; mientras que el componente 2 representó el 9.3% de la varianza total. Los parámetros de la validación cruzada del modelo de PLS-DA fueron exactitud=0.7741, R^2= 0.7062, Q^2= 0.3151, este último valor indica que el modelo no fue sobreajustado y tiene capacidad predictiva aceptable.

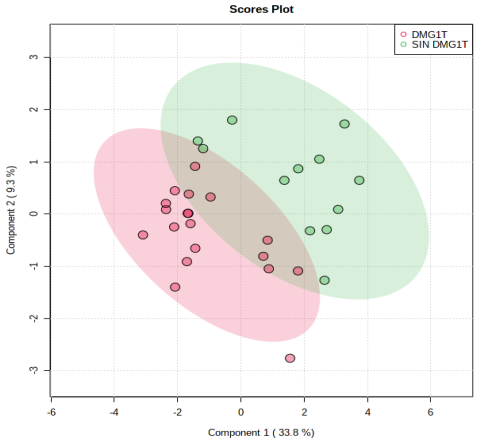


Figura 4. Análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) del perfil metabolómico dirigido en el primer trimestre de gestación de los grupos de estudio. DMG: Diabetes mellitus gestacional.

Posteriormente, se obtuvieron los metabolitos discriminantes, es decir, aquellos metabolitos que contribuyeron en la separación observada en el componente 1 del modelo de PLS-DA. En el Cuadro 3 se muestran los 17 metabolitos responsables de la discriminación entre los dos grupos de estudio, los cuales corresponden a aquellos metabolitos con un valor de VIP >1.0. Dicho parámetro representa el valor de cada variable explicativa en el ajuste del modelo tanto para el conjunto de variables respuesta como para las variables predictoras; entre los cuales se encuentran 3 metabolitos de la clase de acilos grasos y 14 de la clase de glicerofosfolípidos.

Los 17 metabolitos discriminates fueron sometidos a las curvas ROC para su validación analítica, siendo que 4 metabolitos presentaron una alta área bajo la curva (AUC): lisoPI (20:1), lisoPI (20:4), PA (16:1/20:3) y PI (16:1/18:1) (Cuadro 4 y Figura 5).

Cuadro 3. Metabolitos candidatos a biomarcador de DMG en mujeres embarazads en el primer trimestre de gestación.

Metabolito	VIP	Intensidad (UA)		Valor de p
		Sin DMG	Con DMG	
LisoPA (18:2)	4.82	35842 ± 8931	89373 ± 9857	0.0014
LisoPA (20:4)	2.48	93991 ± 9987	75773 ± 9079	0.0363
PS (16:0/ 22:2)	2.47	1451 ± 652.8	4828 ± 1019	0.0023
AG (18:3)	2.00	3145 ± 778.4	7619 ± 796.8	0.0048
PI (16:1/18:1)	1.77	805.8 ± 136.4	170.6 ±94.04	0.0003
LisoPI (18:0)	1.65	9674 ± 3159	17414 ± 2622	0.2693
PE (18:1/18:1)	1.62	983.8 ±363.7	172.2 ± 101.8	0.0009
AG (20:4)	1.44	57706 ± 5704	52514 ± 5325	0.0039
LisoPI (20:1)	1.41	459.1 ± 52.82	49.26 ± 33.9	<0.0001
LisoPE (18:0)	1.19	10863 ± 1233	17697 ± 1578	0.0226
LisoPI (20:4)	1.15	1502 ± 212.6	885.4 ± 166.3	<0.0001
PI (16:0/ 20:4)	1.08	352 ± 63.48	66.95 ± 36.63	0.0014
PI (16:1/20:3)	1.02	482.4 ± 53.77	201.8 ± 63.13	0.0012
AG (18:2)	1.00	60544 ± 5978	57306 ± 3543	0.0683
LisoPA (22:6)	1.17	10011 ± 1084	9647 ± 1978	0.2198
PA (16:1/20:3)	1.07	401.7 ± 204.2	63.42 ± 63.42;	<0.0001
LisoPA (22:5)	1.00	758 ± 318.1	689.4 ±296.8	0.2520

Los resultados se presentan como media ± error estándar de la media. Los valores de *p* se determinaron mediante la t-test o la prueba U de Mann-Whitney. [1]Veces de cambio entre el grupo con DMG y el grupo sin DMG. DMG: diabetes mellitus gestacional; UA: unidades arbitrarias; PA: Ácido fosfatídico ; AG ácido graso; PI: fosfatidilinositol; PE: fosfatidiletanolamina. Los valores de p se determinaron mediante la prueba t-test o la prueba Mann-Whitney.

Cuadro 4. Área bajo la curva de los cuatro metabolitos candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG en mujeres embarazadas en el primer trimestre de gestación.

Metabolito	AUC	Valor de p
LisoPI (20:1)	0.952	$3.58x10^{-8}$
LisoPI (20:4)	0.939	$5.35x10^{-4}$
PA (16:1/20:3)	0.904	0.0091
PI (16:1/18:1)	0.877	$5.65x10^{-5}$

Valores obtenidos de curvas ROC realizadas con el 95% de confianza. DMG: diabetes mellitus gestacional; AUC: Área bajo la curva; ROC: curvas características operativas del receptor.

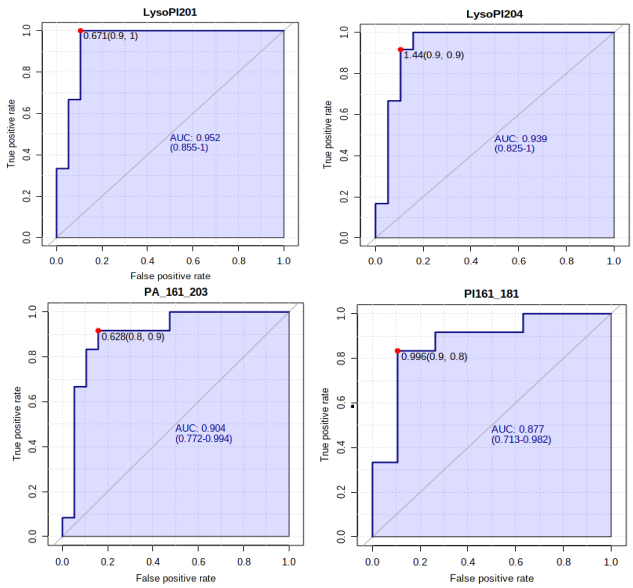


Figura 5. Curvas ROC de los cuatro metabolitos candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG en mujeres embarazadas en el primer trimestre de gestación. DMG: diabetes mellitus gestacional; ROC: curvas características operativas del receptor.

Discusión

En este proyecto de investigación, se llevó a cabo el reclutamiento de mujeres mexicanas embarazadas para la búsqueda de candidatos a biomarcador para el diagnóstico temprano de DMG. Dentro de las características clínicas de la población de estudio, cabe destacar la edad materna, la cual se observó aumentada en las mujeres con DMG, lo cual coincide con lo reportado anteriormente ya que la edad materna avanzada es considerada como un factor predisponente para el desarrollo de DMG. Sin embargo, cabe destacar que la edad materna avanzada es considerada como >35 años, siendo que únicamente una mujer del grupo con DMG presentó dicha edad. No obstante, actualmente se ha reportado que la edad de aparición de DMG ha disminuido (30-35 años), lo que resulta en un mayor número de mujeres con DMG en edad reproductiva (Nanditha *et al*., 2016). Lorenzo y col. (2019) reportan que la edad materna avanzada conlleva a una pérdida de la expansión/plasticidad de las células β, por lo que disminuye la respuesta adaptativa de los islotes pancreáticos y aumenta la susceptibilidad para el desarrollo de DMG (Lorenzo *et al*., 2019b).

Otro factor de riesgo para el desarrollo de DMG es el diagnóstico de DMG en embarazos anteriores; sin embargo, en este estudio únicamente una participante (del grupo con DMG) reportó este antecedente, no observándose diferencia significativa entre los grupos de estudio. Lo anterior podría estar relacionado a que las participantes indicaron que desconocían sobre la DMG y que en embarazos previos no se les realizó la prueba de CTGO. Lo anterior destaca la importancia de una nueva prueba diagnóstica, ya que dentro de las desventajas de la CTGO destacan las múltiples extracciones sanguíneas, así como la provocación de náuseas y vómitos con la carga de glucosa, lo que invalida la prueba (Dias y col. 2018).

Por otro lado, la presencia de antecedentes familiares con DMT2 es considerado también un factor de riesgo de desarrollar DMG, debido a la predisposición genética del desarrollo de resistencia a la insulina (Alfadhli, 2015). En nuestro estudio se observó que las mujeres con DMG presentaron una mayor prevalencia de antecedentes familiares con DMT2 en comparación con las mujeres sin DMG, lo que confirma la importancia de este factor de riesgo en población mexicana.

Las mujeres que desarrollaron DMG presentaron un IMC pregestacional y en el primer trimestre mayor que las mujeres que no desarrollaron esta patología. Lo anterior ha sido previamente reportado, ya que el sobrepeso y la obesidad son considerados como factores de riesgo para el desarrollo de DMG debido a que promueven un estado de resistencia a la insulina como consecuencia de alteraciones en el metabolismo de la glucosa y de lípidos (Lorenzo y col., 2019).

Con respecto a los parámetros bioquímicos, las mujeres con DMG presentaron un estado de hiperglucemia, hiperinsulinemia y resistencia a la insulina, lo que indica una alteración en el metabolismo de la glucosa desde el primer trimestre de gestación; asimismo, presentaron alteraciones en el metabolismo de colesterol y triglicéridos. Debido a que el colesterol es utilizado como precursor de hormonas esteroideas en la placenta, el aumento en los niveles séricos de colesterol en las mujeres con DMG podría conllevar a una sobreproducción de dichas hormonas, las cuales son consideradas como

diabetogénicas ya que promueven un estado de resistencia a la insulina (Ghio y col., 2011). Por otro lado, la niveles elevados de triglicéridos promueven la lipólisis en el tejido adiposo, lo que aumenta el flujo de ácidos grasos libres los cuales promueven un estado de resistencia a la insulina, aumentando el riesgo de desarrollar DMG. Asimismo, los ácidos grasos libres son fuente de energía para el desarrollo fetal, lo que podría conllevar a la macrosomía fetal (Sharami y col., 2019).

El objetivo principal del presente estudio fue realizar los perfiles metabolómicos de las mujeres embarazadas con DMG y sin DMG por medio de los enfoques dirigo y no dirigo para la identificación de metabolitos que puedan ser propuestos como candidatos a biomarcador para el diagnóstico oportuno de DMG en el primer trimeste de gestación, como sustitución de la prueba diagnóstica CTGO actualmente realizada en el segundo trimestre de gestación.

El enfoque de metabolómica no dirigida no permitió la discriminación entre casos y controles, es decir, no se identificaron metabolitos característicos alterados en las mujeres con DMG. Lo anterior es un resultado no esperado, ya que Law y col. (2017) reportaron que el análisis metabolómico no dirigido permitió la discriminación entre mujeres chinas con DMG y sin DMG, encontrando como metabolitos discriminadores fosfolípidos insaturados.

Por lo tanto, se prosiguió con el análisis del perfil metabolómico dirigido, en el cual se realiza primero la identificación de los metabolitos esperados como característicos de la enfermedad y posteriormente se realiza el análisis estadístico correspondiente. Se ha reportado previamente que metabolitos pertenecientes a las clases de glicorofosfolípidos y acilos grasos se encuentran alterados en enfermedades caracterizadas por una resistencia a la insulina, tales como diabetes mellitus gestacional.

En este enfoque dirigido, se identificaron 75 metabolitos, los cuales permitieron una moderada discriminación entre las mujeres con DMG y sin DMG. Se identificaron 17 metabolitos responsables de esta discriminación (valor de VIP>1.0), los cuales fueron posteriormente sometidos a una validación analítica con curvas ROC. Las curvas ROC presentan la sensibilidad (verdaderos positivos) de una prueba diagnóstica en función de la especificidad (falsos positivos).

Un parámetro que evalúa la bondad de una prueba diagnóstica es el área bajo la curva (AUC), la cual se interpreta como la probabilidad de que el metabolito clasifique correctamente a un individuo sano (sin DMG) y otro enfermo (con DMG); siendo que un valor de AUC de 1 indicaría una prueba perfecta, mientras que se considera que un AUC <0.5 es una prueba sin utilidad diagnóstica. Por lo tanto, las curvas ROC son utilizadas para conocer el rendimiento general de una prueba diagnóstica (con el valor de AUC).

Con base en los valores de AUC de las curvas ROC de los 17 metabolitos discriminantes, se encontró que los metabolitos con mayores valores de AUC fueron lisoPI (20:1), lisoPI (20:4), PA (16:1/20:3) y PI (16:1/18:1), por lo que estos podrían ser considerados como candidatos a biomarcador para el diagnóstico oportuno de DMG en mujeres mexicanas embarazadas en el primer trimestre de gestación.

Cabe destacar que los metabolitos propuestos en este estudio no han sido previamente reportados como candidatos a biomarcador para el diagnóstico de DMG. Se ha reportado que los lisoPI estimulan la liberación de insulina por las células β pancreáticas, promoviendo un estado de hiperinsulinemia (Arifin y Falasca, 2016). Sin embargo, en este estudio lisoPI (20:1) y lisoPI (20:4) fueron encontrados disminuidos en las mujeres con DMG (-9.3 veces, $p=3.85x10^{-6}$ y -1.7 veces, $p=9.5x10^{-6}$, respectivamente) en el primer trimestre de gestación.

Por otro lado, los PA son considerados como intermediarios en la síntesis de novo de lípidos, son constituyentes de las membranas celulares y actúan como moléculas de señalización, cuyo aumento promueve la actividad de mTOR, el cual inhibe la síntesis hepática de glucosa (gluconeogénesis) y estimula la glucólisis y la internalización de la glucosa, lo que se refleja en una disminución de los niveles séricos de glucosa (Mao y Zhang, 2018; Massart y Zierath, 2019). En este estudio, se observó que PA (16:1/20:3) se encontró disminuida en las mujeres con DMG (-6.3 veces, $p=7.5x10^{-6}$), lo que podría estar relacionado con la hiperglucemia observada en el primer trimestre de gestación.

Finalmente, niveles elevados de PI han sido previamente asociados con el desarrollo de DMT2 tras doce semanas de haber concluido un embarazo con DMG (Lappas y col., 2016). Sin embargo, en este estudio se observó que las mujeres con DMG presentaron niveles bajos de PI (16:1/18:1) en comparación con las mujeres sin DMG (-4.7 veces, $p=2.7x10^{-4}$).

Conclusiones

El análisis metabolómico dirigido permitió la discriminación entre mujeres mexicanas que desarrollaron DMG y aquellas que no desarrollaron esta enfermedad en el primer trimestre de gestación. Los metabolitos lisoPI (20:1), lisoPI (20:4), PA (16:1/20:3) y PI (16:1/18:1) podrían ser propuestos como candidatos a biomarcador para el diagnóstico oportuno de DMG en las semanas 11-14 de gestación debido a su alta sensibilidad y especificidad analítica.

Referencias bibliográficas

Alfadhli, E. M. (2015). Gestational diabetes mellitus. Saudi Medical Journal, 36(4), 399–406.

Arifin, S. A., & Falasca, M. (2016). Lysophosphatidylinositol Signalling and Metabolic Diseases. Metabolites, 6(1).

Bentley-Lewis, R., Huynh, J., Xiong, G., Lee, H., Wenger, J., Clish, C., Nathan, D., Thadhani, R., & Gerszten, R. (2015). Metabolomic profiling in the prediction of gestational diabetes mellitus. *Diabetologia*, *58*(6), 1329–1332.

Chiefari, E., Arcidiacono, B., Foti, D., & Brunetti, A. (2017). Gestational diabetes mellitus: An updated overview. *Journal of Endocrinological Investigation*, *40*(9), 899–909.

Dias, S., Pheiffer, C., Abrahams, Y., Rheeder, P., & Adam, S. (2018). Molecular Biomarkers for Gestational Diabetes Mellitus. International Journal of Molecular Sciences, 19(10).

Filla, L. A., & Edwards, J. L. (2016). Metabolomics in diabetic complications. *Molecular BioSystems*, *12*(4), 1090–1105.

Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, *18*(6), 499–502.

Gan, W. Z., Ramachandran, V., Lim, C. S. Y., & Koh, R. Y. (2019). Omics-based biomarkers in the diagnosis of diabetes. Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology.

Ghio, A., Bertolotto, A., Resi, V., Volpe, L., & Di Cianni, G. (2011). Triglyceride metabolism in pregnancy. Advances in clinical chemistry, 55, 134.

Lappas, M., Mundra, P. A., Wong, G., Huynh, K., Jinks, D., Georgiou, H. M., Permezel, M., & Meikle, P. J. (2015). The prediction of type 2 diabetes in women with previous gestational diabetes mellitus using lipidomics. Diabetologia, 58(7), 1436–1442.

Law, K. P., Mao, X., Han, T.-L., & Zhang, H. (2017). Unsaturated plasma phospholipids are consistently lower in the patients diagnosed with gestational diabetes mellitus throughout pregnancy: A longitudinal metabolomics study of Chinese pregnant women part 1. *Clinica Chimica Acta*, *465*, 53–71.

Law, K. P., Mao, X., Han, T.-L., & Zhang, H. (2017). Unsaturated plasma phospholipids are consistently lower in the patients diagnosed with gestational diabetes mellitus throughout pregnancy: A longitudinal metabolomics study of Chinese pregnant women part 1. Clinica Chimica Acta, 465, 53–71.

Mao, Z., & Zhang, W. (2018). Role of mTOR in Glucose and Lipid Metabolism. International Journal of Molecular Sciences, 19(7).

Massart, J., & Zierath, J. R. (2019). Role of Diacylglycerol Kinases in Glucose and Energy Homeostasis. Trends in Endocrinology and Metabolism: TEM, 30(9), 603–617.

Rani, P. R., & Begum, J. (2016). Screening and Diagnosis of Gestational Diabetes Mellitus, Where Do We Stand. Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR, 10(4), QE01–QE04

Szmuilowicz, E. D., Josefson, J. L., & Metzger, B. E. (2019). Gestational Diabetes Mellitus. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, *48*(3), 479–493.

Yannell, K. E., Ferreira, C. R., Tichy, S., & Cooks, R. G. (2018). Multiple Reaction Monitoring (MRM)-Profiling with Biomarker Identification by LC-QTOF to Characterize Coronary Artery Disease. The Analyst, 143(20), 5014–5022.

Factores asociados a defectos del tubo neural en Querétaro

ESP. Ledezma Urbina Bibiana
Especialista en Salud Pública. Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Juárez Lira Alberto
Profesor tiempo completo. Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro
alberto.juarez@uaq.mx

Resumen

Introducción: Los Defectos de Tubo Neural (DTN) se producen durante el desarrollo embrionario. Algunos factores de riesgo para los DTN son bajo consumo de ácido fólico de la madre previo y durante el embarazo, edad de la madre, residencia de la madre, entre otros. **Objetivo:** Describir los factores asociados a los DTN en el Estado de Querétaro en el periodo 2010-2016. **Metodología:** Se realizó un estudio observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo. Se revisó una base de datos derivada del formato de Vigilancia Epidemiológica de los DTN. Los datos se analizaron utilizando medidas de frecuencia en morbilidad, medidas de tendencia central y razón de momios. **Resultados:** Se procesaron los datos de 131 recién nacidos (RN) del periodo señalado. Se caracterizaron variables de la madre y el RN. Los DTN tuvieron una prevalencia de 3 casos por cada mil nacidos vivos. Se registraron las siguientes proporciones: Mielomeningolece con 61 casos (46.5%), Anencefalia con 47 casos (35.8%), Encefalocele con 12 casos (9.1%) y Meningocele con 11 casos (8.3%). El análisis de los factores asociados se obtuvo que nacer en el municipio de Querétaro representa un riesgo de 1.14 más posibilidades (IC al 95% 1.026 – 4.489) y p= 0.04). **Conclusiones:** Los DTN registrados en Querétaro para el periodo señalado no cuentan con información clave para analizar la asociación de los eventos y sus posibles factores como el consumo de ácido fólico previo al embarazo; es preciso generar estrategias adecuadas que puedan mejorar la salud de las parejas previo a la concepción.

(Palabras clave: Defectos del tubo neural, Anencefalia, Encefalocele, Meningocele, Mielomeningocele.)

Sumary

Introduction. Neural Tube Defects (NTDs) occur during embryonic development. Some risk factors for NTDs are low consumption of folic acid by the mother before and during pregnancy, age of the mother, residence of the mother, among others. **Objective:** To describe the factors associated with the NTDs in Querétaro State in the period 2010-2016. **Methodology:** An observational, retrospective, cross-sectional and descriptive study was carried out. A database derived from the NTDs Epidemiological Surveillance format was reviewed. Data were analyzed using measures of frequency in morbidity, measures of central tendency and odds ratio. **Results:** The 131 newborns (NBs) data for the indicated period were processed. Variables of the mother and the NBs were characterized. The NTDs had a prevalence of 3 cases for every thousand live births. The following proportions were recorded: Myelomeningolece with 61 cases (46.5%), Anencephaly with 47 cases (35.8%), Encephalocele with 12 cases (9.1%) and Meningocele with 11 cases (8.3%). The analysis of the associated factors was found that being born in the municipality of Querétaro represents a risk of 1.14 more possibilities (95% CI 1,026 - 4,489) and p = 0.04). **Conclusions:** The NTDs registered in Querétaro for the indicated period do not have key information to analyze the association of events and their possible factors such as the consumption of folic acid prior to pregnancy; It is necessary to generate adequate strategies that can improve the health of couples before conception.

(Key Words: Neural Tube Defects, Anencephaly, Encephalocele, Meningocele, Myelomeningocele.)

Introducción

Los Defectos del Tubo Neural (DTN) se producen durante el desarrollo embrionario, alrededor de la cuarta semana de gestación. Estos defectos afectan las estructuras que dan protección al Sistema Nervioso Central (SNC), y alteran también el desarrollo del mismo. Constituyen un conjunto de padecimientos del Sistema Nervioso Central con un efecto primario común como causa básica, estos son el resultado de un inadecuado proceso en el cierre del tubo neural durante el periodo de embriogénesis que puede afectar al cerebro, a la médula o ambos, involucrando en grados diversos el tejido meníngeo, óseo, muscular y tegumentario. La anencefalia, la espina bífida y el encefalocele son las malformaciones congénitas más frecuentes de los DTN. (Secretaría de Salud, 2017)

México tiene una prevalencia de 4.9 por 10.000 de defectos del tubo neural, el 75% de los casos corresponde a espina bífida. La frecuencia de los casos de anencefalia ha disminuido debido a los abortos espontáneos o electivos, estos últimos influidos por el diagnóstico prenatal. (Instituto Mexicano del Seguro, 2015)

Los fetos con anencefalia son mortinatos o mueren a las pocas horas después del nacimiento. Los recién nacidos afectados con espina bífida y encefalocele requieren atención médica y quirúrgica específica. (Bidondo, Liascovich, Barbero, & Groisman, 2015)

Es así que durante las últimas décadas los sistemas de salud de una gran cantidad de países incluyendo México se han sumado en contar con un registro que permita estimar el impacto de los DTN, así como indagar y estudiar los posibles factores que puedan influir en su aparición.
Actualmente el Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer (HENM) en el Estado de Querétaro, México; cuenta con un registro a partir del año 2010 a la fecha de los casos que han surgido de los diferentes tipos de DTN.

A continuación se presentan los diferentes tipos de Defecto de Tubo Neural (DTN):

Anencefalia: Es un defecto del tubo neural causado por la falta de cierre del neuroporo craneal entre la tercera y cuarta semana de gestación, más específicamente entre el día 23 y 26 después de la concepción, lo que da como resultado ausencia de una gran porción del cerebro, cráneo y cuero cabelludo; el cerebelo está ausente o puede encontrarse solo una parte de este, el tallo cerebral en general es el menos afectado, aunque a menudo se encuentra hipoplásico; el tejido cerebral se encuentra expuesto al daño que le puede provocar el contacto con el líquido amniótico (Instituto Mexicano del Seguro, 2015), las causas para este tipo de defecto son multifactoriales.

Encefalocele: Es un raro defecto del tubo neural por fallo en el cierre, se caracteriza por la protrusión del contenido craneal más allá de los límites normales a través de un defecto de la bóveda craneana. Su incidencia es de aproximadamente 1 caso por cada 5,000 a 10,000 recién nacidos vivos con predominio del sexo femenino. Diferentes factores actúan en su etiopatogenia siendo los principales causales la falta de consumo de suplementos con ácido fólico antes y durante los primeros 3 meses del embarazo y los factores genéticos. (Dávila Aliaga, Guillén Zambrano, Del Castillo Bao, & Injante Bustamante, 2020)

Meningocele: Es un saco de líquido que sale a través de una abertura en la espalda del bebé. Pero la médula espinal no está en ese saco. Por lo general, el daño de los nervios es escaso o nulo. Este tipo de espina bífida puede provocar discapacidades menores. (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2019)

Mielomeningocele: Es una masa quística formada por la médula espinal, las meninges o las raíces medulares acompañadas de una fusión incompleta de los arcos vertebrales. Se puede localizar en cualquier nivel de la columna vertebral. El canal medular no se cierra, antes del nacimiento, lo cual hace que la médula espinal y las membranas que la recubren

protruyan por la espalda del niño. (Rodríguez Ramos, Pérez Ortiz, & Hernández Roman, Greysi, Castillo Santos, 2017)
Objetivo: Describir los factores asociados a los DTN en el Estado de Querétaro en el periodo 2010-2016.

Metodología

Se realizó un estudio de diseño observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo de los casos de Defecto del Tubo Neural (DTN) durante los años 2010-2016 en el Estado de Querétaro, México. El universo de trabajo fueron 201 registros correspondientes a los años 2010-2016, mismos que fueron obtenidos a través del Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer (HENM) Qro.

Para el estudio se utilizaron las siguientes variables: Número de casos diagnosticados por año, la edad de la madre, el municipio de residencia de la madre, la condición de nacimiento del recién nacido, sexo del recién nacido, semanas de gestación de la madre y el diagnóstico final, según el tipo de DTN presentado en el recién nacido.

Criterios de inclusión: Casos nacidos y diagnosticados con Defecto de Tubo Neural (DTN) según la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, Décima Revisión (CIE-10) durante los años 2010-2016 en el Estado de Querétaro.

Criterios de exclusión: Casos que no correspondan con el diagnóstico de Defecto de Tubo Neural (DTN) según la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, Décima Revisión (CIE-10), así como casos que no correspondan con los años 2010-2016.

Criterios de eliminación: Registro de casos que no hayan nacido en Querétaro, registros que no correspondan con la definición de casos de DTN (como “otras espinas bífidas” u “otras malformaciones craneofaciales).

Después del procesamiento de la información a través de hojas de cálculo en Excel en conjunto con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), se analizaron un total de 131 casos de Defecto de Tubo Neural (DTN) correspondientes al Estado de Querétaro. Con base en estos casos se presenta la información de los resultados.

Resultados

El diagnóstico con el mayor número de casos de Defecto de Tubo Neural (DTN) fue Mielomeningolece con 61 casos (46.5%), Anencefalia con 47 casos (35.8%), Encefalocele con 12 casos (9.1%) y Meningocele con 11 casos (8.3%) información mostrada en la figura 1.

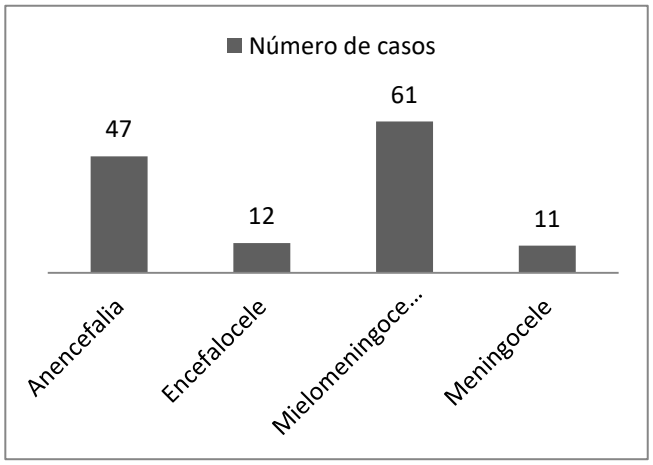


Figura 1. Distribución de casos registrados de Defecto de Tubo Neural (DTN) por diagnóstico en el Estado de Querétaro.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los casos de DTN diagnosticados en el Estado de Querétaro, durante el periodo 2010-1016, en el año 2011 se presentaron la mayor cantidad de casos de DTN y en el año 2016, el menor número (figura 2).

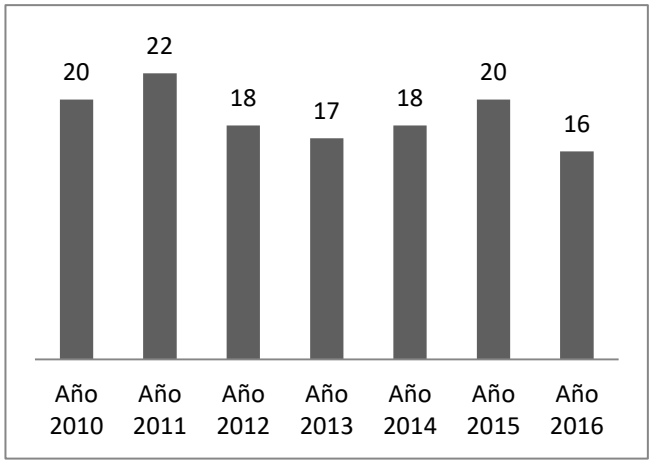


Figura 2. Distribución de casos de DTN diagnosticados por año en el Estado de Querétaro al 2016.
Fuente: Elaboración propia.

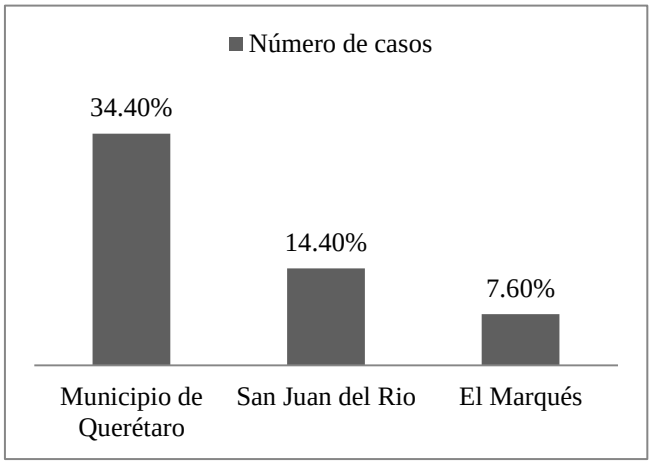


Figura 3. Proporción de casos de Defecto de Tubo Neural (DTN) según municipio de residencia materna.
Fuente: Elaboración propia.

En referencia a los antecedentes de la madre; con respecto a su edad, se encontró una media de 24.6 años, con una desviación estándar de 6.304 años, una edad mínima de 14 y una máxima de 41 años, con una moda de 21 años (13 mujeres tuvieron dicha edad) información mostrada en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principales medidas descriptivas en relación a la edad de la madre.

Medidas descriptivas	Resultado (años de edad)
Media	24.6
Moda	21
Mediana / percentil 50	23
Desviación estándar	6.304
Varianza	39.739
Mínimo	14
Máximo	41

Fuente: Ledezma, B. 2020. Factores asociados a los defectos del tubo neural en Querétaro 2010-2016.

En los municipios de Arroyo Seco, Ezequiel Montes y San Joaquín no se detectó ningún caso.

Mientras que los municipios de Querétaro, San Juan del Rio y El Marqués tuvieron el mayor número de casos: 45, 19 y 10 casos respectivamente (figura 3).

Analizando la información se observa que la mayoría de los casos de DTN corresponden a hombres con Mielomeningocele y la minoría de los casos a mujeres con Meningocele (cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de los casos de Defecto de Tubo Neural (DTN) por sexo.

	Tipo de DTN	Hombre	%	Mujer	%
1	Anencefalia	27	36.4	17	32
2	Encefalocele	6	8.1	6	11.3
3	Mielomeningocele	35	47.2	25	47.1
4	Meningocele	6	8.1	5	9.4
	Total	74	100	53	100

Fuente: Ledezma, B. 2020. Factores asociados a los defectos del tubo neural en Querétaro 2010-2016.

Se concentra la mayor parte de los casos en los recién nacidos a término con 60.4% es decir 75 casos, los cuales se ubican en la semana de gestación 37-41 (Figura 4).

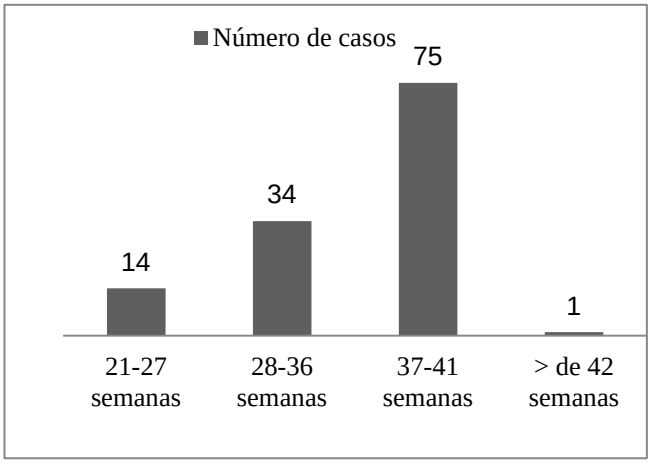


Figura 4. Distribución de las semanas de gestación de los casos de DTN.
Fuente: Elaboración propia.

La medición de los diferentes indicadores que se estudian en la salud pública y la epidemiología, son vitales en el estudio de las enfermedades en la población (Fajardo-Gutiérrez, 2017), por ello es importante considerar las medidas de frecuencia, en este caso la prevalencia.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) al 2016 había un total de 39,634 nacimientos en el Estado de Querétaro (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016), contrastando esta información con los 131 casos de Defecto de Tubo Neural (DTN), tenemos una prevalencia de 3 casos por cada 1000 recién nacidos, información mostrada en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cálculo de la Prevalencia de los casos de Defecto de Tubo Neural (DTN) en el Estado de Querétaro con respecto al total de nacimientos al año 2016.

Prevalencia = casos existentes de DTN / Total de nacidos vivos al 2016
Prevalencia= 131 / 39,634
Prevalencia= 0.00330 x 1,000 = 3.30 = 3 casos (0.3%)

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el cuadro 4; existe un riesgo de que vivir en el municipio de Querétaro, confiere la posible asociación ante la presencia de Mielomeningocele de 1.146 veces más posibilidades, dato corroborado con el IC y el valor p.

Cuadro 4. Asociación Anencefalia y Semanas de Gestación (SDG). n= 131

Municipio de residencia	Con Mielomeningocele (%)	Sin Mielomeningocele (%)	OR (IC 95%)
Municipio Qro SI	26 (19.8%)	18 (13.7%)	2.146 (1.026 – 4.489)
Municipio Qro NO	35 (26.7%)	52 (39.6%)	1.00

(X^2, p = 0.041)

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Los casos de DTN representan un tema relevante en la salud pública de la población queretana, casi la mitad de estos casos (46.5%) se clasifican como Mielomeningocele, lo que ocasiona altas tasas de morbilidad y mortalidad, dejando en consecuencia graves secuelas como la discapacidad y la carga emocional y económica en los familiares del afectado.

El municipio de Querétaro cuenta con el mayor número de casos de DTN debido a su densidad poblacional en comparación con otros municipios del Estado; es probable que esta característica en conjunto con algunos aspectos de urbanización propios, así como el desarrollo del sector industrial, interfieran ante la presencia de esta condición de salud.

A pesar de que el Estado cuenta con una baja prevalencia ante los casos de DTN (tres casos por cada mil recién nacidos), las consecuencias en la población afectada pueden ser prevenibles con estrategias oportunas a nivel de salud pública.

Conclusiones

Los DTN registrados en Querétaro para el periodo señalado no cuentan con información clave para analizar la asociación de los eventos y sus posibles factores como el consumo de ácido fólico previo al embarazo; es preciso generar estrategias adecuadas que puedan mejorar la salud de las parejas previo a la concepción.

Referencias bibliográficas

1. Bidondo, M. P., Liascovich, R., Barbero, P., & Groisman, B. (2015). Prevalencia de defectos del tubo neural y estimación de casos evitados posfortificación en Argentina. *Archivos Argentinos de Pediatria*, *113*(6), 498–501. https://doi.org/10.5546/aap.2015.498
2. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2019). Datos sobre espina bífida. Retrieved December 3, 2020, from https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/spinabifida/facts.html
3. Dávila Aliaga, C. R., Guillén Zambrano, R. E., Del Castillo Bao, S. B., & Injante Bustamante, R. T. (2020). Reporte de caso Encefalocele bilobulado frontal. *Rev Peru Investig Matern Perinat*, *9*(1), 75–81.
4. Fajardo-Gutiérrez, A. (2017). Measurement in epidemiology : prevalence , incidence , risk , impact measures Medición en epidemiología : prevalencia , incidencia , riesgo , medidas de impacto Resumen. *Revista Alergia México*, *64*(1), 109–120.
5. Instituto Mexicano del Seguro. (2015). Prevención y Detección de la Anencefalia. *Guía Práctica Clínica GPC*, 9. Retrieved from https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2009/Prevencion-de-defectos-tubo-neural-con-acido-folico.pdf
6. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Dinámica, Crecimiento de la población de Querétaro.* Retrieved from http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=22
7. Rodríguez Ramos, E., Pérez Ortiz, L., & Hernández Roman, Greysi, Castillo Santos, A. I. (2017). Cirugía precoz en la prevención de la sepsis del recién nacido con mielomeningocele Precocious surgery in preventing the sepsis of newborn with meningomyelocele. *Rev Méd Electrón*, *39*(2), 322–329.
8. Secretaría de Salud. (2017). Lineamientos estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de los Defectos de Tubo Neural y Craneofaciales, 8.

“Efectividad de Grupos de Ayuda Mutua en el control metabólico.”

Autor: López-Villanueva Claudia Gisela
Asesora: Rangel -Peniche Diana Beatríz[b].

[a] Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro.
nutriologacg.lopez@hotmail.com

[b] Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. rangelp@uaq.mx

RESUMEN

Ante el incremento de las enfermedades no transmisibles (ENT), la Secretaría de Salud, implementó la estrategia de los Grupos de Ayuda Mutua (GAM), definido como la organización de pacientes que con apoyo del personal de salud tiene como objetivo coadyuvar en el control metabólico de la enfermedad, a través de una estrategia educativa para la promoción de estilos de vida saludables. **Objetivo:** Evaluar la efectividad de los Grupos de Ayuda Mutua en el control metabólico de pacientes con ENT, después de 5 meses de intervención. **Método:** Estudio transversal descriptivo. Se incluyeron 354 registros de pacientes con enfermedades crónicas que formaron parte de 17 GAM. Se evaluaron los indicadores clínicos y bioquímicos al inicio y al finalizar la intervención. **Resultados:** El sexo femenino representó el 89.6% y masculino 10.4% de los participantes, la media de edad fue de 56.19 ± 11.9 años. El estado nutricio más prevalente fue el sobrepeso con un 39.5% en el sexo femenino y el 5.1% en el sexo masculino. Al comparar las medias de los indicadores clínicos y bioquímicos, se encontró un cambio estadísticamente significativo en la reducción de la circunferencia de cintura (97.07 ± 11.69) comparado a la medición final (95.81 ± 11.73) ($p<0.05$), no se encontraron cambios significativos en el peso corporal (67.92 ± 13.82 vs 67.83 ± 13.95). Se registró un aumento en el colesterol total (156.84 ± 41.81 vs. 161.55 ± 44.11), lo cual aparentemente sería negativo; sin embargo, fue con base en colesterol HDL (41.12 ± 16.51 vs. 44.57 ± 18.59) ($p<0.05$). **Conclusiones:** Al final de la intervención los pacientes presentaron un cambio significativo en el colesterol total a partir de HDL y al evaluar los criterios de acreditación, las cifras de tensión arterial sistólica y diastólica, colesterol total y triglicéridos fueron los indicadores que lograron modificarse y cumplir con las metas.

Palabras clave: (*Grupos de ayuda mutua, enfermedades crónicas, control metabólico.)*

ABSTRACT

In view of the increase in non-communicable diseases (NCD), the Ministry of Health through the Adult and Elderly Health program, implemented the strategy of the Mutual Aid Groups (MAG) is defined as “the organization of patients who with the support of healthcare professionals, aim for metabolic control in NCD disease for the adoption and promotion of healthy lifestyles. **Objective:** To assess the effectiveness of the MAG in the metabolic control of patients with NCD, after 5 months of intervention. **Method:** This was a descriptive cross-sectional study, analyzing 354 records of patients from 17 MAG groups. Their clinical and biochemical exams were assessed at the beginning and at the end of the intervention. **Results:** 89.6% were females and 10.4% were males, the average age was 56.19 ± 11.9 years. The most prevalent nutritional status was overweight with 39.5% in females and 5.1% in males. When comparing changes in the means of anthropometry, a significant change was found in the reduction of the waist circumference (cm): 97.07± 11.69 vs 95.81 ± 11.73 ($p <0.05$); no statistical change was found in body weight (kg) (67.92 ± 13.82 vs 67.83 ± 13.95). In relation to biochemical parameters, an

increase in total cholesterol (mg/dl) was found (156.84 ± 41.81 vs. 161.55 ± 44.11) due to changes in HDL cholesterol (mg/dL) (41.12 ± 16.51 vs. 44.57 ± 18.59) ($p<0.05$). **Conclusions:** At the end of the intervention **t**he patients in the Mutual Aid Groups had a significant change in total cholesterol derived from HDL and when assessing the accreditation criteria, parameters such as systolic and diastolic blood pressure, total cholesterol and triglycerides were modified within goals.

*(**Keywords:** Mutual aid groups, chronic diseases, metabolic control)*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Plan de Acción de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades no transmisibles (ENT) han incrementado de manera sostenida y tienen una estrecha relación con estilos de vida poco saludables: sedentarismo, sobrepeso y obesidad. A navel mundial la emergencia end las epidemias de ENT: obesidad, diabetes mellitus, hipertensión arterial y dislipidemias, entre otras, están relacionadas con cambios ambientales, seguidos de modificaciones de la conducta humana, especialmente factores alimentarios y de nutrición (Barba, 2018). En México las ENT tienen una tendencia al incremento; de acuerdo la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2018 se reportaron las siguientes prevalencias: La población de adultos con diabetes mellitus incrementó debido a que la proporción actual de adultos con diagnóstico médico previo fue de 10.3%, comparada con la proporción reportada en la ENSANUT 2012 de 9.2%. Con respecto a la hipertensión arterial (HTA), se observó que en el caso de los hombres, se había mantenido constante la prevalencia de HTA respecto a la ENSANUT 2006 y 2012 (32.4 frente a 33.3%) y en el caso de las mujeres de 31.1 frente a 30.8% (ENSANUT, 2012); la prevalencia de HTA por diagnóstico médico previo en el 2012 fue de 16.6% y aumentó a 18.4% en el 2018 (ENSANUT, 2018).

Según datos del 2018, la prevalencia combinada de sobrepeso (Sp) y obesidad (Ob) en mayores de 20 años fue de 75.2% comparado con un 71.2% en el 2012, siendo más alta en el sexo femenino, lo que evidentemente exacerba las ENT.

Por otro lado, en el 2012 el 13% de la población mayor de 20 años presentó hipercolesterolemia y para el 2018 se incrementó a 19.5%, siendo mayor la prevalencia en mujeres (21%) que en hombres (17.7%) (ENSANUT 2012; ENSANUT 2018).

Según resultados de la ENSANUT 2012 en el estado de Guanajuato la prevalencia de hipertensión arterial por diagnóstico médico previo fue de 15.4% y de diabetes del 8.1%; respecto a hipercolesterolemia, del total de la población, el 31.7% reportó haber presentado colesterol en rangos normales y 8.9% un resultado elevado (ENSANUT, 2012)

Ante la alta prevalencia de ENT, las diferentes instituciones de salud en el primer nivel de atención han desarrollado programas preventivos o de intervención para lograr un mejor control de las patologías y evitar o postergar el desarrollo de complicaciones. Los principales factores relacionados con el desarrollo de ENT y que se consideran modificables son: el llevar una dieta poco equilibrada, el sedentarismo o poca actividad física, tabaquismo y el abuso de alcohol. Los factores como la edad, el sexo y la herencia se identifican como no modificables; en tanto que los factores de riesgo como la hipertensión, hiperglicemia (prediabetes, diabetes), hipercolesterolemia, sobrepeso y obesidad se consideran de tipo biológico, pero que pueden tener un mayor control al coadyuvar con los factores modificables (OPS, 2017). Con base en estos factores, se han desarrollado los programas de intervención y la evaluación de metas y grado de control metabólico.

Es así que algunas de estas estrategias se enfocan en la modificación de estilos de vida, dieta, actividad física, pérdida de al menos el 10% de peso corporal, entre otras; medidas que pueden ser altamente costo

efectivas al reducir la aparición de la diabetes y retrasar su progresión (Hernández-Ávila, Gutiérrez, & Reynoso-Noverón, 2013).

En México, las principales instituciones de salud han implementado estrategias como son el PREVENIMSS, PREVENISSSTE, grupos de autoayuda, Unidades de Especialidades Médicas para Enfermedades Crónicas, entre otras; el propósito es mejorar la atención que se otorga a los pacientes que ya padecen dichas enfermedades (Hernández-Ávila, Gutiérrez, & Reynoso-Noverón, 2013).

En el año 2001 derivado del Programa Nacional de Salud, se constituyó el *Programa de Acción para la Prevención y Control de la Diabetes Mellitus*, en el cual se consideraba como eje central, la promoción de la salud. Por lo anterior, se crearon los "Clubes de Diabéticos", denominados así desde la década de los 90´s. En el periodo de 2001 a 2006 se concibieron los primeros lineamientos para constituir los Grupos de Ayuda Mutua (GAM) con la finalidad de fortalecer el componente educativo dirigido a población con diabetes o en riesgo de desarrollar ENT (Secretaría-de-Salud, Programa Sectorial de Salud, 2013-2018).

Un Grupo de Ayuda Mutua de Enfermedades Crónicas (GAM-EC) se define como: "la organización de los pacientes que con el apoyo del personal de salud tiene como objetivo, coadyuvar en el control metabólico de la enfermedad a través de una estrategia educativa en la que se fortalezca el apoyo recíproco y la adopción y promoción de estilos de vida saludables" (Secretaría-de-Salud, Estrategia de Grupos de Ayuda Mutua en Enfermedades Crónicas, 2017)

Actualmente, dichos grupos son integrados por pacientes con ENT (diabetes, hipertensión arterial, obesidad, dislipidemia o síndrome metabólico); deben de haber sido detectadas dichas enfermedades, haber recibido confirmación diagnóstica y encontrarse en tratamiento médico. Sin embargo, también en estos grupos se deben de integrar personas sanas o con factores de riesgo a dichas enfermedades; cabe aclarar que, para su implementación se deben de considerar los Lineamientos de Operación 2017 vigentes. En cada unidad de salud del primer nivel de atención se asigna a un profesional de la salud (área de medicina, enfermería, nutrición, psicología o promotor en salud, incluso a algún paciente con cualidad de líder) que serán capacitados para coordinar el GAM-EC; el grupo se integrará formalmente con un mínimo de 20 pacientes y hasta 25 y deberán de ser mayores de 20 años de edad. Se sugiere incorporar pacientes con diagnóstico reciente o aquellos que no han logrado el control de las enfermedades. El grupo se conformará al menos con un 50% de integrantes con diagnóstico de diabetes y máximo un 10% de sujetos sanos o con factores de riesgo (Secretaría-de-Salud, Estrategia de Grupos de Ayuda Mutua en Enfermedades Crónicas, 2017).
Posteriormente se formaliza la conformación del grupo con un acta constitutiva, con un nombre único, identificando al coordinador de éste y a su mesa directiva. Para el seguimiento y vigilancia de los GAM se utiliza un *Formato de registro mensual de actividades GAM 2017*, denominado (FORMA). Cada grupo debe contar con su evidencia documental, ésta debe de incluir el acta constitutiva, listado de integrantes, mesa directiva, el plan de trabajo con cartas descriptivas de las sesiones educativas, listas de asistencia y el reporte mensual de las variables, utilizando la FORMA 2017.

Cabe mencionar que los beneficios de pertenecer a un Grupo de Ayuda Mutua es la atención integral (mensual) con el equipo multidisciplinario, acceso a las pruebas bioquímicas en sus unidades de atención, acceso a medicamentos, sesiones educativas, sesiones de actividad física en su localidad, todo ello para facilitar el control de las enfermedades crónicas.

La presente investigación se centró en la evaluación de la estrategia de los GAM como alternativa para el cumplimiento de las metas de control metabólico de los pacientes con ENT que recibieron atención médica en el primer nivel de atención en San

Miguel de Allende, Gto., de octubre del 2017 a marzo del 2018.

El objetivo general fue evaluar la efectividad de los Grupos de Ayuda Mutua en el control metabólico de pacientes con ENT después de 5 meses de intervención. Los objetivos específicos consistieron en:

- Evaluar el cambio en los indicadores del estado nutricio (pérdida de peso corporal y circunferencia de cintura).
- Evaluar el cambio en los indicadores de control glucémico y riesgo cardiovascular.
- Evaluar el grado de cumplimento de los aspectos cualitativos que comprenden la integración y operación de los GAM-EC que influyen en la acreditación de los Grupos GAM.

MÉTODO:

Estudio transversal descriptivo. Se incluyeron 354 registros de pacientes con enfermedades crónicas: diabetes tipo 2, hipertensión arterial, obesidad y dislipidemia, que formaron parte de 17 GAM desde octubre del 2017 a marzo del 2018.

De los registros se capturaron las variables: edad, sexo, peso corporal, estatura, índice de masa corporal, circunferencia de cintura, glucosa capilar, perfil de lípidos completo (triglicéridos, colesterol total, colesterol LDL y colesterol HDL) y hemoglobina glucosilada.

Se registraron los datos basales de los pacientes; es decir, al inicio de su incorporación a los grupos GAM-EC y a los 5 meses de intervención (Octubre del 2017 a Marzo del 2018).

Se evaluaron los indicadores clínicos y bioquímicos al inicio y al finalizar la intervención.

Posteriormente se revisó la Cédula de supervisión de Grupos de Ayuda Mutua que fue aplicada a cada grupo por el personal del programa de Riesgo Cardiovascular, la cual consiste en evaluar el cumplimiento de los lineamientos de operación GAM 2017 y su implementación con base en las normas oficiales vigentes, y a partir del seguimiento, así como de evidencia documental con la que se buscan identificar los factores que podrían limitar la acreditación. Finalmente, se aplicó un cuestionario sobre el grado de satisfacción que perciben los pacientes al integrarse al GAM, el cual incluye 7 preguntas sobre la integración al grupo, 4 preguntas respecto al personal de salud y 4 preguntas relacionadas al control de la enfermedad.

La información se analizó mediante medidas de tendencia central y dispersión, t de Student para muestras independientes y pareada para comparación de las variables al inicio y al final de la intervención. Además de frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas.
Se utilizó el paquete estadístico SPSS v23.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en tres etapas, **la primera** consta de la evaluación inicial de todos los integrantes de los grupos (tabla 1), en los cuales se incluyeron 367 registros en las FORMAS de los integrantes de 17 GAM-EC, 364 diagnosticados con enfermedades crónicas y se incluyeron 3 expedientes de sujetos que no presentaron enfermedades crónicas.

Tabla 1 .Variables iniciales de los integrantes de los grupos de ayuda mutua estratificado por sexo.

VARIABLE	FEMENINO (n=329) $\bar{X} \pm S$	MASCULINO (n=38) $\bar{X} \pm S$	Total (n=367) $\bar{X} \pm S$	p
Edad (años)	55.6 ± 11.8	62.10 ± 11.6	56.2 ± 11.9	0.001
Peso corporal (kg)	67.7 ± 14.1	70.72 ± 8.7	67.9 ± 13.8	0.068
Estatura (cm)	1.51 ±0.06	1.62 ± 0.07	152.2 ± 0.07	0.000
IMC (kg/m^2)	29.5 ± 5.6	26.9 ± 3.3	29.3 ± 5.5	0.00
CC (cm)	97.2 ± 11.9	96.0 ± 8.8	97.0 ± 11.7	0.55

IMC, índice de masa corporal; CC, circunferencia de cintura. X= promedio; S= desviación estándar

Como se puede observar en la tabla 1, hay diferencias significativas en todos los indicadores al comparar a los hombres y mujeres, salvo en el peso corporal y en la circunferencia de cintura. La media de edad fue de 56.2 ± 11.9 años, la cual coincide con otros estudios en nuestro país en los que se reporta que la población mexicana tiene mayor prevalencia de enfermedades crónicas en sujetos mayores de 55 años de edad (Galindo-Aguilar y col., 2014). Con respecto al sexo femenino, el 89.6% fueron mujeres, proporción similar a lo reportado en un estudio con un marcado predominio

en los integrantes de GAM con proporción del 90% de mujeres y solo el 10% de hombres (Villanueva & Vargas-Parada, 2015). Cabe hacer notar que el grupo de mujeres es más numeroso y en promedio son 7 años menores que los hombres, lo que seguramente está favoreciendo una detección más temprana de enfermedades y de su atención.

Al comparar las variables iniciales por sexo, se encuentra que el IMC de las mujeres es cercano a obesidad, en tanto que los hombres se encuentran en sobrepeso, lo que concuerda con los datos reportados por la ENSANUT así como una elevada prevalencia de obesidad abdominal en ambos sexos (ENSANUT, 2018).

Adicionalmente, en esta etapa fue realizada una evaluación inicial de la integración de los grupos, utilizando la cédula de supervisión de los GAM-EC, implementada en las clínicas de primer nivel de atención (cuadro 1). Se consideró una puntuación de 18 ítems para el cumplimiento total de los requisitos de acreditación de los grupos: documentos vigentes (lineamientos de operación, formatos GAM, expedientes clínicos, normas oficiales vigentes y la evidencia documental), por lo que se propuso establecer una escala de 0 a 6 como deficiente, de 7 a 12 regular y 13 a 18 como bueno.

Cuadro 1.

Resultados de la evaluación de la Cédula de Supervisión de Grupos de Ayuda Mutua en la implementación de los GAM-EC en 17 Unidades Médicas de Atención Primaria a la Salud (UMAPS).

CUMPLIMIENTO	n= 17	
	n	%
Deficiente (0 a 6 puntos)	7	41.2
Regular (7 a 12 puntos)	10	58.8
Bueno (13- 18 puntos)	0	0.0

Fuente: Cédulas de supervisión de Grupos de Ayuda Mutua EC (Enfermedades Crónicas).

El 58.8% de los GAM- EC, se situó en un puntaje de cumplimiento regular debido a que no contaban con los requisitos generales de acreditación, lo que sugiere que la implementación de los mismos carece de seguimiento y evidencia documental completa. Dichos requisitos fueron solventados durante el periodo de acreditación de los grupos.
La **segunda etapa** incluyó el análisis de los datos registrados en las FORMAS utilizadas para el análisis de los grupos de ayuda mutua.

En la tabla 2 se presenta el diagnóstico nutricio con base en el índice de masa corporal (IMC) estratificado por sexo.

ÍNDICE DE MASA CORPORAL	FEMENINO (329)		MASCULINO (38)	
	N	%	N	%
Bajo peso	1	0.4	0	0
Peso normal	54	16.4	13	3.4
Sobrepeso	145	44.0	19	50
Obesidad grado I	81	24.6	6	15.7
Obesidad grado II	32	9.7	0	0
Obesidad grado III	16	4.9	0	0

Fuente: Formato de Registro Mensual de Actividades GAM (FORMA).

Tabla 2. Diagnóstico nutricio estratificado por sexo.

El diagnóstico de sobrepeso fue el más prevalente en los pacientes que integraron los GAM-EC con un 44% para el sexo femenino y el 50% en el sexo masculino, lo cual concuerda con encuestas previas en las que los hombres presentan mayor sobrepeso que las mujeres, pero estas últimas una mayor prevalencia de obesidad. Únicamente el 20% de los participantes se encontraron con peso en rangos de normalidad, proporción similar a lo reportado por Campos y González (2012) en su investigación (Campos-Nonato & González-Chávez, 2012). Es preocupante que únicamente la quinta parte de sujetos que presentan ENT se encuentren en un peso “saludable”, ya que evidentemente el control metabólico será más complejo.

Tabla 3. Diagnóstico médico de enfermedades crónicas con y sin comorbilidades.

DIAGNÓSTICO	Femenino (329)		Masculino (38)	
	N	%	N	%
DM2 con o sin comorbilidad	202	55	30	8.1
HTA con o sin comorbilidad	210	63.8	21	5.7
Obesidad con o sin comorbilidad	161	57.2	10	2.7
Dislipidemias con o sin comorbilidad	227	61.8	20	0.5
Síndrome metabólico	171	46.5	12	3.2
Sin enfermedades crónicas	3	0.8	0	0

comorbilidades.

Fuente: Formato de Registro Mensual de Actividades GAM (FORMA).
DM2, diabetes mellitus tipo 2; HTA hipertensión arterial

En la tabla 3 se muestra la distribución de los pacientes según su diagnóstico clínico. Se observa que alrededor del 63% de los integrantes presentaron diagnóstico de diabetes, un 69.5% presentó hipertensión arterial, el 62.3% dislipidemias y el 59.9% presentaba obesidad y alguna comorbilidad. Es importante señalar esta clasificación debido a que al realizar la integración de los grupos de ayuda mutua se consideran como criterios fundamentales la presencia del diagnóstico de diabetes por encima del 55% por grupo y los demás diagnósticos complementarían el 100%. Por lo que además se observa que las comorbilidades más frecuentes son hipertensión arterial y las dislipidemias.

Es de hacer notar que 183 pacientes (49.7%) presentaron síndrome metabólico, lo que nos indica la relevancia de las comorbilidades. Se consideró síndrome metabólico con los criterios de la NORMA Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010 para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus en aquellos pacientes con al menos 3 criterios: obesidad abdominal, DM tipo 2, HTA y dislipidemia (hipertrigliceridemia y/o HDL bajo).

La prevalencia de síndrome metabólico (SM) en este estudio fue similar a lo reportado en 2017 por Trujillo, basado en adultos mexicanos con y sin diabetes e hipertensión arterial y con un promedio de edad de 53.2 ± 13.4 años en el que reportaron que la frecuencia global de SM fue del 52.3% del total de su muestra de 417 sujetos (Trujillo-Hernández, y otros, 2017).

Tabla 4. Prevalencia de síndrome metabólico estratificado por sexo.

SÍNDROME METABÓLICO	FEMENINO		MASCULINO	
	N	%	N	%
DM2 + HTA + OB	56	30.6	2	1.0
DM2 + HTA + DISL	27	14.8	5	2.7
DM2 + OB + DISL	39	21.3	4	2.1
HTA + OB+ DISL	49	26.8	1	0.5
TOTAL	171	93.6	12	6.3

DM: diabetes tipo 2; **HTA:** Hipertensión arterial; **OB:** Obesidad: **DISL**: Dislipidemia.
Fuente: Formato de Registro Mensual de Actividades GAM (FORMA).

En la tabla 4 se presentan diferentes prevalencias de SM, dependiendo de los indicadores utilizados para el diagnóstico. Se observa que la combinación de diabetes, hipertensión arterial y obesidad fue la más alta, siendo las patologías más prevalentes en la población mexicana. Es de hacer notar el impacto de la obesidad sobre la alteración de otros indicadores metabólicos como glucemia, presión arterial y lípidos, en los que entre el 23 y 27% de los participantes fueron clasificados con SM, en tanto que poco menos del 18% se diagnosticaron con SM sin presentar obesidad.

En la tabla 5 se presentan los cambios en las diferentes variables al inicio y tras 5 meses de intervención educativa, para los indicadores antropométricos, control glucémico (glucosa capilar y hemoglobina glucosilada) e indicadores de riesgo cardiovascular (colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos) en los integrantes (n=367) de los 17 grupos los resultados (tabla 5).

Tabla 5. Indicadores antropométricos y de control metabólico al inicio y al final de la intervención.

VARIABLES	INICIAL (n=367)		FINAL (n=367)		p
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	
Peso corporal (kg)	67.9	13.8	67.8	13.9	0.73
Indice de Masa corporal	29.3	5.5	29.1	5.8	0.38
Circunferencia de cintura (cm)	97.0	11.7	95.8	11.7	0.003
Glucemia capilar (mg/dL)	169.0	74.1	162.2	70.9	0.187
Hemoglobina glucosilada (%)	7.9	2.0	7.8	2.0	0.37
Tensión arterial sistólica (mm/Hg)	123.2	18.9	124.7	19.9	0.17
Tensión arterial diastólica (mm/Hg)	75.9	10.0	77.0	10.4	0.09
Colesterol total (mg/dL)	156.8	41.8	161.5	44.1	0.01
HDL (mg/dL)	41.1	16.5	44.6	18.6	0.00
LDL (mg/dL)	81.9	34.0	82.7	38.3	0.65
Triglicéridos (mg/dL)	195.0	97.0	197.5	94.3	0.53

Prueba T pareada $\bar{X}$= promedio; S= desviación estándar
Fuente: Formato de Registro Mensual de Actividades GAM (FORMA).

Como se aprecia en la tabla 5, al comparar los indicadores iniciales y tras la intervención de 5 meses, se observaron diferencias estadísticamente significativas que evidencian disminución de la circunferencia de cintura (de 97.07 ± 11.69 a 95.81 ± 11.73) ($p<0.05$), sin presentar cambio significativo en el peso corporal (67.92 ± 13.82 vs 67.83 ± 13.95). Se encontró aumento del colesterol total (156.84 ± 41.81 vs 161.55 ± 44.11), lo cual aparentemente sería negativo; sin embargo, consideramos fue con base en colesterol HDL (41.12 ± 16.51 vs. 44.57 ± 18.59) que tuvo un

incremento significativo. Los demás indicadores se mantuvieron prácticamente sin cambio. En esta tabla puede apreciarse que es poco el impacto logrado con la intervención, lo cual es desalentador dado el trabajo y monitoreo que se realiza.

Tabla 6. Indicadores antropométricos y de control metabólico al inicio y al final de la intervención, estratificados por sexo.

	SEXO FEMENINO					SEXO MASCULINO				
	Inicial (N=329)		Final (N=329)		p	Inicial (N=38)		Final (N=38)		p
INDICADORES	X̄	DE	X̄	DE		X̄	DE	X̄	DE	
Peso corporal (kg)	67.7	14.1	67.6	9.4	0.76	70.7	8.7	69.8	9.4	0.38
Indice de masa corporal	29.5	5.6	29.4	5.9	0.36	26.9	3.3	26.6	3.5	0.42
Circunferencia de cintura (cm)	97.2	11.9	95.9	12.0	0.006	96.0	8.8	94.9	8.3	0.06
Glucemia capilar (mg/dL)	171.3	70.5	165.6	72.9	0.30	154.4	94.8	140.3	49.9	0.33
Hemoglobina glucosilada (%)	8.0	2.0	7.9	2.0	0.34	7.5	2.2	7.4	2.0	0.91
Tensión arterial sistólica (mm/Hg)	123.0	18.6	125.1	18.9	0.00	125.0	21.6	124.5	18.7	0.00
Tensión arterial diastólica (mm/Hg)	75.9	10.0	77.3	10.2	0.00	76.0	9.6	77.0	11.3	0.00
Colesterol total (mg/dL)	158.3	42.4	163.4	44.4	0.00	144.7	34.2	145.6	38.9	0.85
Colesterol HDL (mg/dL)	41.8	16.7	46.0	18.8	0.001	35.5	13.6	39.3	15.8	0.10
Colesterol LDL (mg/dL)	82.8	34.4	84.0	38.8	0.55	74.0	34.0	71.5	32.9	0.43
Triglicéridos (mg/dL)	197.4	95.0	197.7	91.8	0.08	175.4	112.3	195.9	115.3	0.08

Prueba T pareada. X̄= promedio; DE= desviación estándar. **Fuente:** Formato de Registro Mensual de Actividades GAM (FORMA).

Al estratificar por sexo y comparar los indicadores iniciales y finales, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) en el caso de las mujeres únicamente en la circunferencia de cintura, pese a que no hubieron cambios ni en el peso corporal, ni en el IMC. Lejos de mejorar en control de tensión arterial, aumentaron los valores tanto de sistólica como de diastólica. En cuanto al colesterol total y como se menciona renglones arriba, el cambió se debió a aumento en el colesterol HDL, ya que su incremento fue significativo tras 5 meses de intervención. Los hombres prácticamente no presentaron cambios en los indicadores, salvo por la TA sistólica que tuvo una ligera reducción y por el contrario, la diastólica se incrementó ligeramente. Al desagregar los resultados por sexo, podemos ver que fueron las mujeres las que disminuyeron su circunferencia de cintura e incrementaron el colesterol HDL de manera significativa, ya que los hombres no presentaron cambios en estos indicadores.

Dado que los 17 GAM fueron integrados con diferentes diagnósticos clínicos y los cambios de parámetros antropométricos, clínicos y bioquímicos se evaluaron de manera global (peso corporal, circunferencia de cintura, hemoglobina glucosilada, tensión arterial, colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL, triglicéridos), se indagaron cambios más puntuales. Lo anterior con el objeto de identificar al grupo o grupos que presentaron reducciones significativas y considerarlos como posibles candidatos al proceso de acreditación, es así que se desagregaron los indicadores y se evaluaron los cambios al inicio y al final de la intervención.

En la Tabla 7, se presenta la comparación de los resultados promedio, estratificados por diagnóstico médico y su cambio en el número de variables posteriores a la intervención. Es decir, los que obtuvieron un resultado positivo (+) quiere decir que aumentaron ese indicador por el contrario el signo negativo (-) se refiere a la disminución de la cifra del parámetro, el cero indica que no hubo cambio en dicho indicador.

Tabla 7. Cambio en parámetros clínicos y bioquímicos tras 5 meses de la intervención.

GRUPO	n	PESO (kg)	CC (cm)	GLUCOSA EN AYUNO (mg/dL)	HbA1c (%)	TAS (mm/Hg)	TAD (mm/Hg)	CT (mg/dL)	LDL (mg/dL)	HDL (mg/dL)	TG (mg/dL)	Número de variables	
												+	-
1	20	+0.49	+ 1.75	+29.7	+0.73	+9.64	+1.76	ND	ND	ND	ND	6	0
2	25	+0.3	-3.8	-11.2	+0.3	+4.48	+0.44	+32.08	+11.58	+10.2	+26.45	8	2
3	22	+1.2	-0.3	-73.7	-0.02	+4	+3.55	+2.4	+5.4	+3.75	+34.5	7	3
4	22	-1.3	-4.9	+12.3	+0.96	+16	+10.5	+47.9	+49	+6.7	-47.3	7	3
5	25	+0.1	-0.8	-19.2	-0.6	+2	+0.8	-4.0	-9.4	+0.4	-39.4	5	5
6	21	+1.5	+1.4	-20.5	-0.3	+0.3	+9.4	-10.2	-2.8	ND	ND	4	4
7	27	+0.7	-0.07	+17.6	-0.01	+1.9	-0.65	+7.7	-2.4	+1.2	+21.9	6	4
8	20	+0.3	0	+21.4	+0.28	-0.8	-2.25	-61.9	-44.9	+42.7	-16	6	4
9	20	+1.1	-0.7	-37.4	-1.56	+3.6	+4.1	-19.0	-6.7	-8.2	-5.0	3	7
10	23	+0.1	+0.2	+18	-1.0	-2.8	-8.4	-25.5	-16.7	+5.9	-32.3	4	6
11	20	0	-0.8	-1.27	0	-10.7	-4.0	+6	+3.8	+1.1	+0.7	6	4
12	21	-0.2	-0.1	-51.7	-1.16	+2.1	+0.8	ND	ND	ND	ND	2	4
13	20	+0.7	-0.2	+57.1	+0.1	+2.8	-0.1	+29.4	+41.8	+2.9	+8.7	8	2
14	20	-1.5	-1.6	+5.1	+0.2	+4.2	+3.1	ND	ND	ND	ND	4	2
15	20	-0.04	-0.9	-13.1	+0.7	-9.0	-5.0	+0.2	-11.3	+17.4	+47.8	6	4
16	20	-1.7	-1.6	-26.4	0	-1.5	+2.1	ND	ND	ND	ND	1	4
17	21	-0.8	-1.1	+59.9	-0.3	+9.0	+7.3	-0.1*	-17.1*	+4.8*	+30.7	5	5

CC, circunferencia de cintura; HbA1c, hemoglobina glucosilada; TAS, tensión arterial sistólica; TAF, tensión arterial diastólica; CT, colesterol total; LDL, colesterol de baja densidad; HDL, colesterol de alta densidad; TG, triglicéridos
Fuente: Formato de Registro Mensual de Actividades GAM (FORMA).

Se observa que en 6 GAM-EC predominaron cambios en los valores de glucosa en ayuno, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica, colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL y triglicéridos. Resultados similares a lo reportado en 2014 por León-Mazón y cols., quienes refirieron disminución en niveles de glucosa, hemoglobina glucosilada y colesterol total, pero una mínima reducción en los parámetros clínicos de peso corporal, circunferencia de cintura e Índice de Masa Corporal.

Con base en estos resultados, se trabajó **la tercera etapa, en la que** se analizó el cumplimiento de las metas control de los 5 grupos que presentaron cambios significativos en 6 o más indicadores (tabla 7) según los criterios (Anexo 4), y contemplar su factibilidad de acreditación.

Se tomaron en cuenta los grupos que contaron con más del 85 % de asistencia; en los pacientes con obesidad, se contempló una reducción de peso corporal del 3% respecto al valor inicial; una disminución de 2 cm en la circunferencia de cintura; en pacientes con hipertensión, una cifra de TA sistólica <140/80 mmHg; en pacientes con diabetes se consideró la glucosa plasmática en ayunas (≤130 mg/dL) y la HbA1c <7%; en los pacientes con diagnóstico de dislipidemia, un colesterol total entre 200 y 240 mg/dL y triglicéridos entre 150 y 199 mg/dL; todos ellos criterios meta para la acreditación de los GAM.
Cabe señalar que si los pacientes presentaban más de una comorbilidad, se les consideró que lograron metas con base en su diagnóstico y/o los diagnósticos iniciales que presentó.

Tabla 8. Cumplimiento de las metas control según criterios de acreditación de los GAM de las Unidades Médicas.

Grupo	% Asistencia	PESO (KG)		CINTURA (cm)		GLUCOSA (mg/dL)		HbA1c (%)		TAS (mm/Hg)		TAD (mm/Hg)		CT (mg/dL)		TG (mg/dL)	
		I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
5	92 %	70.16	70.24	97.72	96.62	173	153	7.9	7.3	124.2	126.2	73.7	74.58	187	183	216	177
Corral de P		NC		NC		NC		NC		C		C		C		C	
8	80%	69.23	69.58	95.60	96.60	137	159	7.79	8.0	131	130.6	79.5	77.3	157	95	167	151
CAISES		NC		NC		NC		NC		C		C		C		C	
9	100%	64.66	65.80	97.3	96.6	225	188	8.9	7.3	124	128	78.3	82.5	144	125	214	209
Galvanes		NC		NC		NC		NC		C		NC		C		C	
10	95%	68.8	68.9	97	97.2	142	160	8.3	7.2	123	120	81	73	161	135	201	169
Fajardo		NC		NC		NC		NC		C		C		C		C	
15	90%	68.36	68.32	96.85	95.95	136	123	6.8	7.6	134	125	83.8	78.8	156	157	185	233
San José		NC		NC		C		NC		C		C		C		NC	
17	76%	73.36	72.52	98.45	97.2	163	223	8.3	8	136	145	78.2	85.5	146	146	201	232
Talega		NC		NC		NC		NC		NC		NC		C		NC	

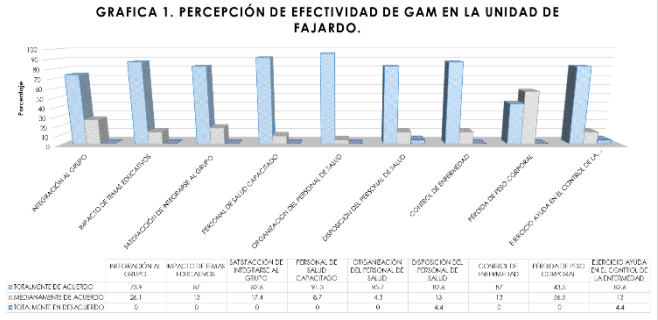
HbA1c, hemoglobina glucosilada; TAS, tensión arterial sistólica; TAF, tensión arterial diastólica; CT, colesterol total; TG, triglicéridos; I, valores iniciales; F, valores finales; NC, no cumplió con el criterio; C, cumplió con el criterio.

De los 6 grupos identificados con cambios, únicamente 3 cumplieron con 5 criterios de acreditación a los 5 meses de intervención. Los criterios que se lograron cumplir fueron TAS, TAD, CT y TG, en tanto que los criterios de menor cumplimiento fueron la reducción de peso corporal, la reducción de la circunferencia de cintura, glucosa capilar y por ende hemoglobina glucosilada. La pérdida de peso reduce la glucolipotoxicidad y, por tanto, mejora la sensibilidad a la insulina, el control glucémico, la presión arterial y el perfil lipídico (Gorgojo, 2016); es así que al no encontrar reducciones importantes en el peso corporal, difícilmente se modifican los indicadores metabólicos. Este análisis permitió encontrar cambios de reducción en la TA, que no se habían percibido en los resultados globales, los cambios en colesterol se encontraron también y en uno de los grupos se logró meta de glucemia. Se sigue encontrando una gran dificultad en lograr pérdida de peso y de medida de adiposidad central, por lo que el cumplimiento de metas se dificulta.
Este estudio refleja que después de 5 meses de intervención en los GAM-EC, el cumplimiento de todas las metas en los parámetros clínicos y bioquímicos no fueron posibles. Existen estudios similares que señalan que los pacientes que se integran a modelos educativos de los grupos de ayuda mutua logran mejor control metabólico a mayor tiempo de intervención con la reducción en valores de glucemia, HbA1c, en colesterol total o triglicéridos; sin embargo, no se observó que la pérdida de peso fuera significativa para coadyuvar en el control de las enfermedades crónicas como se observa en otros estudios de intervención. Tal es el caso del estudio de Romero en 2014, en el que se evaluaron 698 pacientes que asistían a un modelo de intervención educativa, este estudio realizó una comparación después de 8.4 meses de seguimiento, encontrando una disminución significativa p (< 0.002) en la glucosa en sangre (165.4 ± 72.9 a 153.6 ± 67.6) con pérdida ponderal de 2.9 ± 2.5 kg en el 52.9% de los participantes (Romero-Valenzuela & Zonana-Nacach, 2014). Por consiguiente, es importante que se considere la pérdida de peso fundamental en para el cumplimiento de las metas control.

Para cumplir con el tercer objetivo específico y tratar de comprender las razones que favorecieron el cumplir o no con indicadores de acreditación, se aplicó una encuesta para evaluar el grado de satisfacción y la percepción de efectividad de la intervención. Se eligieron dos de los GAM de entre los 6, uno con los mejores resultados en sus indicadores clínicos y bioquímicos, con el

cumplimiento de 4 criterios de acreditación (UMAPS Fajardo) y el de la unidad de Talega que tuvo menor grado de cumplimiento.
En dicho análisis se consideraron 3 puntos principales en la encuesta: a) integración al grupo de ayuda mutua, b) el personal de salud y c) al control de la enfermedad (Gráfica 1). Se preguntó con escala: completamente de acuerdo, medianamente de acuerdo y totalmente en desacuerdo.

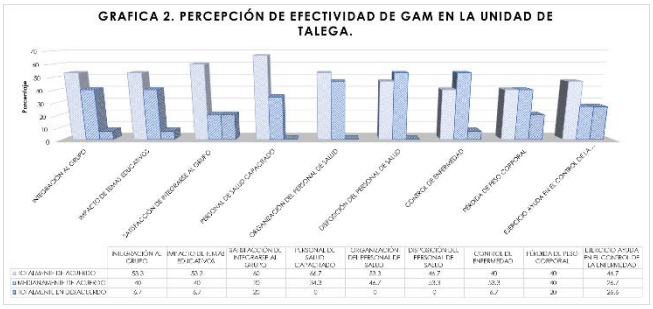
Grafica 1. Percepción de efectividad de GAM en la unidad de Fajardo.



Se aplicaron 24 encuestas a los participantes del grupo de Fajardo; en relación a la pregunta sobre la integración al grupo de ayuda mutua, el 82.6% refirieron satisfacción de pertenecer a éste, ya que la mayoría percibió beneficios de lo aprendido en los temas educativos en el control de sus enfermedades. El 91.3 % consideraron que el personal de salud está capacitado y tiene buena organización para el desarrollo de las actividades y el 87% considera que integrarse al grupo ha facilitado el control de sus enfermedades. Sin embargo, únicamente el 43.5% consideraron que les ha favorecido en la pérdida de peso corporal, pero el 82.6% señala que el ejercicio les ha ayudado al control de las enfermedades. Si consideramos el cumplimiento de las metas control con los criterios de acreditación mostrados previamente (tabla 8), se podría inferir que la mayoría de los pacientes están satisfechos de haberse integrado y participan activamente en las actividades del GAM (95% asistencia), por lo que han ido adquiriendo conocimientos y habilidades que les permiten aplicar el autocuidado, lo que ha beneficiado en la reducción de las cifras de indicadores clínicos y bioquímicos. Sin embargo, a los 5 meses de intervención no se cumplió con todos los criterios de acreditación, lo que generó una extensión de tiempo para llegar a las metas.

En la unidad de Talega, se aplicaron 15 encuestas a los integrantes del grupo con criterio de 75% de asistencia, menor a lo establecido (>85%). Al aplicar la encuesta para indagar las razones por las que los indicadores clínicos y bioquímicos pudieron no modificarse de manera positiva, se encontró lo siguiente:

Grafica 2. Percepción de efectividad de GAM en la unidad de Talega.



El 60% de los pacientes refirieron satisfacción de pertenecer al grupo ya que el 53.3% percibió beneficios de lo aprendido en los temas educativos en el control de sus enfermedades. El 66.7 % consideraron que el personal de salud está capacitado y tiene buena organización para el desarrollo de las actividades y únicamente el 40% consideró que integrarse al grupo ha facilitado el control de las enfermedades. Por otro lado, el 40% consideró que el GAM les ha favorecido en la pérdida de peso corporal y el 46.7 % señaló que el ejercicio les ha ayudado al control de sus enfermedades. Al considerar el cumplimiento de las metas control según criterios de acreditación mostrados previamente (tabla 8), podríamos inferir que debido a la poca participación (75% asistencia) de los integrantes en las actividades del GAM, no se observan cambios significativos por grupo al analizar dichas variables.

Por último, algunos resultados de la encuesta de opinión de los pacientes sobre aspectos que podrían ayudar a mejorar los grupos de ayuda mutua, se centraron en:

- Incrementar el tiempo destinado a la consulta médica, mejorar la logística de las consultas de atención médica.
- Reducir la duración de los talleres educativos.
- Favorecer el ejercicio en grupal.
- Mejorar el surtimiento de medicamentos, ya que requieren acudir en 2 ocasiones a la clínica.

Dichos factores entonces podrían estar afectando directamente al criterio de asistencia a las actividades del GAM y por ende, al cumplimiento de las metas control.

Discusión

No se encontraron cambios significativos en el peso corporal e IMC a lo largo de los 5 meses de evaluación. La circunferencia de cintura presentó disminución significativa a nivel de todas la UMAPS, pero no en aquellas seleccionadas para analizarse por contar con mayor número de indicadores positivos.

Conclusiones

Evaluar el cambio en los indicadores de control glucémico y riesgo cardiovascular de los pacientes con diabetes tipo 2 que participaron en la estrategia GAM–EC de las UMAPS de San Miguel de Allende, Gto.

No se encontraron cambios en los indicadores de control glucémico y de indicadores de riesgo cardiovascular se encontró incremento significativo en el colesterol total a expensas de colesterol HDL. Con base en los criterios de acreditación, las cifras de tensión arterial sistólica y diastólica, colesterol total y triglicéridos fueron los indicadores que lograron modificarse y cumplir con las metas.

Al evaluar los factores que interfieren en el logro de las metas establecidas, se identificó la poca organización y escaso seguimiento de las actividades establecidas como prioritarias para un adecuado funcionamiento de los grupos de ayuda mutua, así como de poca participación voluntaria de los integrantes de los GAM-EC.

Referencias Bibliográficas

Barba, J. R. (2018). México y el reto de las enfermedades crónicas. El laboratorio también juega un papel importante. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab*, 4-17.

ENSANUT. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados nacionales.* CUERNAVACA, MEXICO.

ENSANUT. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.* Ciudad de México.

OPS. (2017). *Prevención y control de las enfermedades no transmisibles*. Obtenido de https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?post_t_es=prevencion-y-control-de-las-enfermedades-no-transmisibles&lang=fr

Hernández-Ávila, M., Gutiérrez, J. P., & Reynoso-Noverón, N. (2013). Diabetes mellitus en México. El estado de la epidemia. *Salud Pública de México*, S129-S136.

Secretaría-de-Salud. (2013-2018). Programa Sectorial de Salud. Ciudad de Mexico.

Secretaría-de-Salud. (2017). Estrategia de Grupos de Ayuda Mutua en Enfermedades Crónicas. *Lineamientos de operación*. Ciudad de México, México.

Villanueva Lozano, M., & Vargas-Parada, L. (2015). Grupos de Ayuda Mutua: evaluación cualitativa de los procesos de comunicación de la ciencia en la prevención, manejo y cuidado de pacientes diabéticos. *Revista ALAD*, 212-220.

EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO DE ISQUIOTIBIALES EN POTENCIA Y AGILIDAD EN FUTBOLISTAS

LCFD. Luis Alfonso Moreno Ponce de León, M.C. Ángel Salvador Xeque Morales
LEF. José Maria Duarte Barajas, M.A. Arely Guadalupe Morales Hernández

Resumen

Actualmente el fútbol está en la búsqueda de entrenamientos más eficaces. Objetivo: analizar los efectos del entrenamiento excéntrico de isquiotibiales en la potencia y la agilidad en futbolistas amateurs. Metodología: se intervinieron 11 sujetos con el ejercicio nórdico para isquiotibiales, durante 4 semanas. Se estudiaron dos grupos, el grupo control (GC) n=5 y grupo intervención (GI) n=6. Con una edad promedio de 15.27 ±1.10 años de edad. Los valores fueron medidos mediante el test Pro Agility, salto vertical y potencia pico. Resultados: Se utilizó la prueba de Cohen y trasformación logarítmica, donde la agilidad para (GC) y (GI) no tuvo algún cambio estadístico. La potencia mostró un valor para (GC) pretest 5010.6 ± 333.1, postest 5014.8±370.7 y (GI) pretest 4,918.5±369.1 y postest 5,119.9±370.7. Conclusiones: el entrenamiento excéntrico tiene tendencia a mejorar el desempeño en la potencia muscular, sin embargo, no muestra una mejoría en la agilidad.

PALABRAS CLAVE: Entrenamiento excéntrico, potencia, agilidad, futbol amateur.

Introducción:

Anualmente cerca de 400 millones de personas juegan fútbol en el mundo (Krustrup & Bangsbo, 2001) lo cual refleja que cada vez exista una mayor afluencia en la integración de equipos, que van desde amateurs, semiprofesionales y profesionales. Éste deporte se caracteriza por gestos técnicos como golpeo de balón, pase, recepción, regate, cabeceo y quitar el balón (Joo & Seo, 2016). Es así como el jugador debe mostrar habilidades motoras realizadas a alta intensidad, basado en el metabolismo anaeróbico como la velocidad, la potencia y la agilidad. De este modo, manifestaciones tales como el sprint, el salto, robar el balón al oponente, el cambio en la aceleración, generarán una ventaja o desventaja sobre el rival (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

De la misma manera se debe tomar en cuenta que el fútbol tiene transiciones de defensa-ataque y viceversa donde se ejecutan movimientos rápidos, se dice que en un partido existen cambios de dirección en un promedio de 2 a 4 segundos, llegándose a repetir de 1200 a 1400 veces (Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010). Lo cual hace que la agilidad y la potencia sean componentes indispensables para la forma física del futbolista (Chaabene, 2017).

Por otro lado se debe de entender que la agilidad es una capacidad compleja integrada por diferentes facetas por medio del equilibrio, movilidad, control motor, potencia, fuerza y velocidad (Sheppard & Young, 2006). La agilidad especialmente en los cambios de dirección debe tener una fuerza excéntrica óptima en isquiotibiales para mejorar el frenado y la aceleración los más rápido posible (Hägglund et al., 2013). Del mismo modo los actores principales en la fase de vuelo permiten una flexión de cadera y extensión de rodilla con contracciones rápidas de excéntrico-concéntrico. Sin embargo, al tener debilidad en estos músculos puede significar una disminución del rendimiento (Brughelli, Cronin, Levin, & Chaouachi, 2008), y por ende una compensación sobre el musculo cuádriceps y ligamento soportando en su mayoría el frenado (Myer et al., 2009).

El entrenamiento excéntrico se basa en la contracción excéntrica que es la actividad muscular que ocurre al momento de aplicar una fuerza sobre el músculo y este excede momentáneamente su fuerza resultando en un alargamiento del mismo (Douglas, Pearson, Ross, & McGuigan, 2017). El ejercicio excéntrico ha sido estudiado para diversas vertientes, la más investigada es la enfocada en las lesiones musculares en isquiotibiales con efectos positivos en la prevención de lesiones (Croisier et al., 2015) debido a que es una lesión prevalente en el fútbol (Goode et al., 2015). Por otro lado, se ha demostrado que el entrenamiento excéntrico mejora el rendimiento físico

(Moises De Hoyo et al., 2015), resultado de una correlación positiva entre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y los cambios de dirección del frenado en el sprint (Jones, Bampouras, & Martin, 2009).

Mientras tanto el estudio de la potencia en la mayoría de las investigaciones se ha basado en el entrenamiento de la fuerza concéntrica y ejercicio pliométrico sobre los músculos del cuádriceps, dejando de lado el entrenamiento sobre los isquiotibiales(Mabel et al., 2016). De allí la importancia de investigar el efecto de la aplicación del entrenamiento excéntrico en isquiotibiales sobre la potencia y salto.

Descripción del Método

Tipo de estudio

El presente estudio utilizó el método cuasi experimental (casos y controles), fue aplicado a un equipo de fútbol amateur con un universo de 15 jugadores, y una de muestra de 11 sujetos. Este grupo se dividió aleatoriamente en 2 grupos, un grupo control con 5 jugadores y un grupo de intervención con 6 sujetos.

Material y métodos

Esta investigación fue autorizada por el comité de investigación y el comité de bioética de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro, así como por los directivos del representativo de Tigres Blancos de Morelia. Se utilizó el método cuasi experimental (casos y controles), se utilizaron 11 jugadores, los cuales fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos, un grupo control con 5 jugadores sometidos a entrenamiento excéntrico de isquiotibiales y un grupo de intervención con 6 sujetos; ambos sometidos a su entrenamiento táctico habitual, durante un período de 4 semanas. Se incluyeron a todos aquellos que desearán participar previo consentimiento informado, fueron excluidos aquellos jugadores lesionados o con previo diagnóstico médico en regiones del miembro inferior, a su vez fueron eliminados los sujetos que durante el período de investigación sufrieron lesión que les impidiera realizar el programa, así como los que tuvieran más de dos faltas consecutivas del entrenamiento o en alguna de las evaluaciones. Se aplicó un cuestionario para obtener datos sociodemográficos, como la edad, sexo, estatura y lesiones previas. Se utilizaron las pruebas de la capacidad física para agilidad Pro-Agility Test r=0.95 y para potencia se utilizó la prueba de salto vertical r= 0.90.

Intervención

El procedimiento fue aplicado durante el periodo de 4 semanas de entrenamiento excéntrico en isquiotibiales con el ejercicio NHE (Nordic Hamstring Exercise) (Clark, Bryant, Culgan, & Hartley, 2005) al finalizar el calentamiento con 6 repeticiones en la primera semana hasta llegar a 12 repeticiones en la última. La aplicación del ejercicio se ejecutó al finalizar la parte del calentamiento con el objetivo de mejorar la capacidad volitiva y la capacidad de soportar la fatiga muscular previa a la temporada.

Análisis Estadístico

Se aplicó estadística descriptiva de medidas de tendencia central y dispersión. Para las variables cualitativas de frecuencia (%), para las variables cuantitativas media ± desviación estándar, para la estadística inferencial se utilizó transformación logarítmica y correlación de Cohen(Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, n.d.). Se analizaron los datos mediante el software SPSS versión 20 (Vicent & Weir, 2012).

Resultados

Bajo los criterios de selección la muestra de la investigación fue de 11 futbolistas jóvenes todos de sexo masculino con un promedio de edad de 15.3 ± 1.1 años, un peso promedio de 60.7 ± 8.0 k y una estatura media de 169.9 cm ± 6.1 cm; Se estudiaron 6 sujetos en el grupo experimental y 5 sujetos en el grupo control, donde se muestran los valores Cuadro 1) para grupo control referente en agilidad, potencia y salto. Además se obtuvieron las mismas mediciones para el grupo de intervención Cuadro 2).

Grupo control (GC) n=5

Variable	Pre test(1)	Post test(3)	Diferencia	Cambios	Evaluación cualitativa
Potencia	5,010.6 ± 333.1	4,963.9 ± 382.2	-0.00 (0.00 _-0.04)	15 %	Muy improbable
Agilidad	5.5 ± 0.2	5.6 ± 0.2	-0.00 (0.00 _–0.39)	56 %	Probablemente no
Salto	49.4 ± 2.5	47.2 ± 3.0	0.00 (0.00 – 0.60)	89 %	Posiblemente

Cuadro 1. Resultados grupo control

Grupo intervención (GI) n=6

Variable	Pre test(5)	Post test(5)	Diferencia	Cambios	QA
Potencia	4,918.5 ± 369.1	5,045.7 ± 402.4	0.06 (0.13 – 0.48)	36 %	Probablemente no
Agilidad	5.3 ± 0.2	5.3 ± 0.3	-2.67 (0.00 - 0.03)	10 %	Muy improbable
Salto	43.8 ± 4.5	49.8 ± 6.4	0.00 (0.00 _0.99)	99 %	Muy probablemente

Cuadro 2. Resultados grupo intervención

Discusión

En la agilidad COD los resultados no mostraron un cambio significativamente estadístico, en concordancia con (Arcos, Mendiguchia, & Yanci, 2017) donde su estudio demostró que el entrenamiento de la agilidad, el ciclo de estiramiento y acortamiento, debe de entrenarse por separado porque estas

habilidades motoras no tienen correlación entre sí. Por otro lado debido a las características particulares, (Markovic, 2007) se afirma que a pesar de la importancia de la agilidad en muchos deportes, que el entrenamiento en músculos extensores de la pierna son pobres predictores de agilidad, por tanto las intervenciones de una manera funcional parecen ser mejores que aislarlas, esto hace referencia que cuando se utilizan test de agilidad no sólo se involucra un grupo muscular como los extensores de pierna, sino un conjunto de músculos, por tanto se coincide que no es suficiente entrenar un solo grupo muscular excéntricamente sino en su totalidad, para generar un efecto positivo en los cambios de dirección.

Contrariamente (Moisés de Hoyo et al., 2016) afirma que el entrenamiento excéntrico produce efectos positivos en la agilidad, en sus diferentes mediciones donde se encontró que en el entrenamiento excéntrico está relacionado a la agilidad. Medición que fue realizada con una maquina iso-inercial y dos tipos de test de COD (cross-over y side step cutting maneuvers) en jóvenes masculinos de 17 años, se demostró una mejoría en la agilidad de los músculos estudiados (cuádriceps, isquiotibiales). En contraste el presente estudio no mostró mejoría debido al tiempo y a la cantidad de sujetos empleados en el estudio y la diferencia de utilizar el entrenamiento excéntrico aislado en isquiotibiales comparado con sentadilla yo-yo utilizada en otros estudios con efecto contrario.

Similarmente un estudio realizado por Tous y Fajardo et. Al. mostraron que el entrenamiento excéntrico durante 11 semanas en sujetos varones de 17 años donde se utilizaron una plataforma vibratoria y un equipo iso-inercial con énfasis en la fuerza excéntrica, una mejora (ES: 1.22) en el COD comparado con grupo convencional (pliométrico, velocidad linear y ejercicios peso) (ES: 0.24) (Tous et al., 2015). Contrario a lo reportado por este estudio, donde no existió algún cambio en la agilidad. Sin embargo, esto pudo deberse a la duración del entrenamiento excéntrico de 4 semanas.

Salto

En el trabajo realizado por (Vogt & Hoppeler, 2014), se afirma que el salto tuvo una mejora del 6.6% al aislar el entrenamiento excéntrico en isquiotibiales. Muy similar a lo encontrado a los resultados de este estudio, donde se mostró una tendencia de mejora del salto (GI 0.11 (0.02 – 0.18)) comparado con grupo control con una mejorara en la capacidad contráctil del ciclo estiramiento- acortamiento y con ello se logró un mayor rendimiento en el salto vertical. Esto puede ser beneficioso para el entrenamiento explosivo en atletas puesto que la integración del entrenamiento excéntrico tiene efectos positivos en el salto debido a la tensión de alargamiento que se produce antes de iniciar un movimiento explosivo.

De igual forma a lo reportado por (Spiteri et al., 2014) que demostró una correlación significativa entre la potencia CMJ y el test COD 505. De la misma manera (Moises De Hoyo et al., 2015) afirmo que el entrenamiento excéntrico puede tener mejoras en el CMJ, y además en las tareas de aceleración ya que los resultados de su estudio demostraron una mejoría en el grupo experimental, en concordancia del mismo modo con este estudio, el cual demostró una mejora del 9.14% del grupo intervención, sin embargo, no con una diferencia significativamente estadística, o cual puede demostrar una tendencia a mejorar el salto.

Potencia

Por otro lado, la investigación realizada por (Núñez et al., 2018) cuyo objetivo fue comparar el entrenamiento excéntrico con sobrecarga con ejercicios unilaterales y bilaterales para el rendimiento y la hipertrofia con 27 sujetos y con un protocolo de 4 series con 7 repeticiones durante 6 semanas afirmaron que el entrenamiento excéntrico tuvo incremento en la potencia (ES=1.5) bilateral lo cual concuerda con el presente estudio.

Conclusión:

Agilidad

Al aplicar el entrenamiento excéntrico no se presentó un cambio sustancial en la agilidad en este estudio, lo cual motiva a realizar estudios más integrales donde se contemple el ejercicio excéntrico en diferentes grupos musculares, lo cual permita mejorar el cambio de dirección. Aunado a ello deberán estudiarse la diferencia en los efectos que tiene la carga excéntrica en sus diferentes modalidades, es decir, comparar el ejercicio excéntrico realizado en máquinas iso-inerciales contra ejercicios corporales como el NHE.

Salto

Mientras que para el salto el entrenamiento excéntrico sí muestra una mejora, aun así se requieren de más estudios en diferentes poblaciones, así como protocolos de entrenamiento para poder determinar si los aislamientos de las contracciones excéntricas tienden a mejorar el salto o si se trabaja con una mayor cantidad de músculos que no solo involucren los isquiotibiales, sino que además se ejerciten el cuádriceps, gemelos y glúteos en fase excéntrica y compararlo.

El entrenamiento excéntrico puede ser utilizado por el preparador físico además de mejorar el rendimiento de la fuerza y la potencia en sus etapas precompetitivas, con técnicas de utilización correcta de los ejercicios pliométricos y excéntricos, ciertamente debe cubrir un programa multifacético, con los lineamentos recomendados por la NSCA (Faigenbaum & Myer, 2012).

Referencias:

Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding Change of Direction Ability in Sport. *Sports Medicine*, *38*(12), 1045–1063. https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00007

Chaabene, H. (2017). Change of Direction Tasks: Does the Eccentric Muscle Contraction Really Matter? *Chaabene. Arch Sports Med*, *1*(1), 1–2.

Croisier, J.-L., Forthomme, B., Namurois, M.-H., Vanderthommen, M., Crielaard, J.-M., Brukner, P., … Mendiguchia, J. (2015). Differences in injury risk and characteristics between Dutch amateur and professional soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, *6*(2), 145–149. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28753-4

De Hoyo, Moises, Pozzo, M., Sa??udo, B., Carrasco, L.,

Gonzalo-Skok, O., Dom??nguez-Cobo, S., & Mor??n-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(1), 46–52. https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0547

de Hoyo, Moisés, Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., … Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, *34*(14), 1380–1387. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624

Goode, A. P., Reiman, M. P., Harris, L., DeLisa, L., Kauffman, A., Beltramo, D., … Taylor, A. B. (2015). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(6), 349–356. https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093466

Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, *47*(12), 738–742. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092215

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (n.d.). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science, (21), 3–12. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278

Jones, P., Bampouras, T., & Martin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.098

Joo, C. H., & Seo, D.-I. (2016). Analysis of physical fitness and technical skills of youth soccer players according to playing position. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *12*(6), 548–552. https://doi.org/10.12965/jer.1632730.365

Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences*, *19*(11), 881–891. https://doi.org/10.1080/026404101753113831

Mabel, É., Maryeli, M. A., Paola, P. M. M., Leonardo, A. S., Ramos-caballero, C. Q. D. M., Nacional, U., … Humano, C. (2016). Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros, *64*, 17–24.

Myer, G. D., Ford, K. R., Foss, K. D. B., Liu, C., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2009). The Relationship of Hamstrings and Quadriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *Clin J Sport Med*, *19*(1), 3–8. https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e318190bddb

Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquila, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS ONE*, *13*(3), 1–13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193841

Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, *24*(9), 919–932. https://doi.org/10.1080/02640410500457109

Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength chatacteristics to chnage of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(9), 2415–2423. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547

Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L., & Vucetic, V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(3), 679–686. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c4d324

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, *35*(6), 501–536. https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004

Purificación y marcaje con Quantum Dot de una lectina de frijol Tépari

Autores: Lizet Angélica Núñez Corona[1] Ricardo Cervantes Jiménez[1] Daniela Muñiz Chavarría[1] Laura Elena Estrada Martínez[1], Teresa García Gasca[1], Alejandro Blanco Labra[2], Antonio Topete Camacho[3]

Asesores: Ricardo Cervantes Jiménez, ricardo.cervantes@uaq.mx y Teresa García Gasca tggasca@gmail.com

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n. Juriquilla, Querétaro CP 76230, México.

[2]Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato, Guanajuato CP 36821, México.

[3] Departamento de Fisiología, Centro de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara CP 44340, Mexico

Resumen

Las lectinas son proteínas bioactivas con la capacidad de reconocer los carbohidratos de la membrana celular de manera específica. Diversas lectinas han demostrado potencial diagnóstico y terapéutico contra cáncer, su citotoxicidad en células transformadas está mediada por la inducción de apoptosis. En este trabajo, un grupo de lectinas de frijol Tépari se purificó por cromatografía de exclusión molecular e intercambio iónico. Dos picos con aglutinación presentaron actividad aglutinante, la lectina más limpia observada por SDS PAGE se nombró (TBL-IE2) por sus siglas en inglés. La proteína TBL-IE2 se acopló a Quantum Dot (QD) por la técnica de microfluídica, denominando al complejo (TBL-IE2-QD). El método por microfluídica permitió la formación de complejos homogéneos entre el QD y la lectina, cuya visualización se logró usando microscopía Multifotón y Microscopía Electrónica de Transmisión (MET), la fluorescencia de los QD y del complejo TBL-IE2-QD presentó una diferencia de 5 nm en la longitud de onda de emisión. El tamaño de partícula del complejo TBL-IE2-QD fue de 380 nm mientras que la potencial zeta disminuyó en relación a la proteína sin etiquetar con un promedio de (-18,51 mV), lo que implica la unión de QD a la proteína. La citotoxicidad de TBL-IE2 y TBL-IE2-QD se analizó contra células HT-29 células de cáncer de colon, donde se determinó que muestran diferencias entre ellas con una ($p \leq 0.05$). La CL_{50} fue de $1X10^{-3}$ y $1.7X10^{-3}$ mg/mL respectivamente. La técnica de microfluídica permitió una mejora significativa en el proceso de etiquetado en relación a otras técnicas de marcaje.

Palabras clave: Cáncer, lectinas, frijol Tépari, purificación de proteínas, Quantum Dot.

Abstract

Lectins are bioactive proteins with the ability to recognize cell membrane carbohydrates in a specific way. Diverse plant lectins have shown diagnostic and therapeutic potential against cancer, and their cytotoxicity against transformed cells is mediated through the induction of apoptosis. Previous works have determined the cytotoxic activity of a Tepary bean (Phaseolus acutifolius) lectin fraction and its anti-tumorigenic effect on colon cancer. In this work, lectins from the TBLF were further purified by ionic exchange chromatography. Two peaks with agglutination activity were obtained: one of them was named TBL-IE2 and showed a single protein band in two dimensional electrophoresis; this one was thus selected for coupling to quantum dot (QD) nanoparticles by microfluidics (TBL-IE2-QD). The microfluidic method led to low sample usage, and resulted in homogeneous complexes, whose visualization was achieved using multiphoton and transmission electron microscopy. The average particle size (380 nm) and the average zeta potential (−18.51 mV The cytotoxicity of the TBL IE2 and TBL IE2 QD was assayed on HT 29 colon cancer cells, showing no differences between them (p 0.05), where the LC50 values were 1.0 × 10 3 and 1.7 × 10 3 mg/mL, respectively. The microfluidic technique will be a significant improvement in the labeling process relative to other marking techniques.

Keywords: Cancer, lectins protein purification, Quantum Dot, Tepary Bean.

Introducción

Las lectinas son un grupo heterogéneo de proteínas de origen no inmune, capaces de unirse de forma específica y reversible a mono u oligosacáridos, (Cavada y col.,

2020). Estas proteínas, que presentan diversas funciones, se caracterizan por poseer al menos un dominio no catalítico de unión reversible a carbohidratos en su estructura (Manning y col., 2017). Particularmente, han destacado por sus efectos contra cáncer (Dan y col., 2016) a través de interacciones con moléculas de superficie en las membranas de las células transformadas. Lo anterior posibilita dos de sus principales funciones, la detección de este tipo de células (Hashim y col., 2017) y su actividad citototóxica, efectuada a través de la inducción a apoptosis, autofagia e inhibición del crecimiento tumoral (Pervin y col., 2015). En nuestro grupo de trabajo hemos purificado una fracción concentrada en lectinas (FCL) de frijol Tépari Phaseolus acutifolius que han mostrado efecto citotóxico diferencial (García Gasca y col., 2012) baja toxicidad sistémica y activación del sistema inmune (Ferriz Martínez y col., 2015) y entre los efectos adversos se encuentra atrofia intestinal no disfuncional (Al atorre Cruz y col., 2018). La FCL ha mostrado efecto inhibitorio de la carcinogénesis temprana mediante la inducción de apoptosis (Moreno Celis y col., 2020). Asimismo, se ha caracterizado la estructura molecular de las principales lectinas presentes en la FCL (Torres Arteaga y col., 2016).

Caracterizar la interacción de las lectinas con otras estructuras celulares resulta fundamental para comprender los mecanismos de acción (Cong y col., 2016), y así facilitar el diseño de fármacos basados en ellas. Sin embargo, el estudio de proteínas específicas requiere un alto grado de pureza que permita la observación de su interacción con otras estructuras y organismos, así como de la dinámica intra e intercelular que pueden presentar diversas proteínas extracelulares.

Los Quantum dots (QD) son nanocristales semiconductores que poseen propiedades fisicoquímicas superiores a las que presentan los fluorocromos y proteínas fluorescentes convencionales (Bilan y col., 2016), como lo son su biocompatibilidad, fotoestabilidad, rango de excitación definidos espectros de emisión estrechos y un alto rendimiento de fluorescencia (Moura y col., 2018) Estas características son deseables para el marcaje y seguimiento de proteínas in vitro (Yao y col., 2018). En los últimos años, algunas lectinas de plantas han sido marcadas con QD para su seguimiento in vitro (Cunha y col., 2018). Sin embargo, la eficiencia y diversidad de las técnicas de acoplamiento podría mejorarse, para obtener un marcaje más heterogéneo, que permita su posterior seguimiento, reduciendo la formación de aglomerados moleculares. Es por ello que la exploración de técnicas de marcaje más precisas, serían de gran utilidad. Por su parte, la microfluídica es una plataforma con aplicaciones biomédicas que involucra la manipulación de fluidos en escalas de decenas a cientos de micrómetros, con un control preciso y alto rendimiento. Su utilización permite tanto el acoplamiento como la separación de partículas, llevada a cabo por medio de canales microfluídicos regulables. Esta técnica otorga ventajas como un bajo costo y optimización en el uso de reactivos, alta portabilidad y sensibilidad, y posibilidad de automatización (Zhang y col., 2016). A pesar de sus ventajas, esta técnica no ha sido utilizada hasta el momento para el marcaje de lectinas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue obtener y purificar al menos una lectina de frijol Tépari Phaseolus acutifolius para marcarla con nanopartículas de QD por medio de microfluídica, describir la técnica y caracterizar el complejo formado.

Metodología

Obtención y procesamiento de semillas

Las semillas de frijol Tépari (Phaseolus acutifolius) fueron obtenidas en la comunidad de Arizpe en Hermosillo, Sonora, México (30°19' 51.96" N, 110° 10' 04.36" O). Una muestra fue depositada e identificada en el Herbario Dr. Jerzy Rzedowski de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, registro número QMEX00007888.

Extracción de lectinas

La obtención de lectinas fue realizada con base en la metodología descrita por García-Gasca y col. (2012). La fracción concentrada de la lectina (FCL) se obtuvo por purificación parcial mediante precipitación selectiva con sulfato de amonio y cromatografía de exclusión de peso molecular (Torres-Aretaga y col., 2016). Brevemente, la harina se obtuvo mediante la molienda de las semillas de frijol Tépari, se desengrasó 3 veces con una mezcla de cloroformo-metanol 2:1 en una proporción 4:1 p/v y el extracto crudo se obtuvo mezclando 100 g de harina en 500 mL de Tris-HCl 50 mM pH 8 a 4 ºC durante 12 h.

Se realizó una precipitación secuencial con sulfato de amonio iniciando con 40% de saturación, se recuperó el sobrenadante y se llevó a 70% de saturación para precipitar la lectina, posterior a esto fue dializada, sometida

a liofilización y almacenada a -20°C para su posterior utilización.

Purificación de proteínas por cromatografía de exclusión de peso molecular G-75 e intercambio iónico

Las lectinas fueron purificadas en una columna de filtración en gel con Sephadex G-75 (Pharmacia Biotech; Uppsala, Suecia), la cual se calibró con buffer de bicarbonato de amonio 0.01 M (pH 7.8), a una temperatura de 4 °C. Se colectaron fracciones de 90 gotas a una velocidad de 1 gota por cada 10 segundos. La absorbancia de cada una de las fracciones fue determinada a 280 nm en un espectrofotómetro Beckman DU-65.

Todas las fracciones fueron sometidas a un análisis de actividad aglutinante, tras el cual se colectaron las fracciones que presentaron aglutinación. Posteriormente, el pool obtenido fue sometido a cromatografía de intercambio iónico, utilizando un cartucho Econo Pack High Q, en un equipo ECONO BioRad, a una velocidad de flujo de 1 mL/min. Se colectaron 120 fracciones, a las cuales se les determinaron las unidades aglutinantes de forma independiente. De igual manera, se separaron dos fracciones que contenían proteína con actividad aglutinante (TBL-IE1 y TBL-IE2).

Actividad aglutinante

La cuantificación de proteína y determinación de la actividad aglutinante se realizó mediante el método descrito por Bradford (1976), Jaffé (1980) y Adamová y col. (2014), utilizando como control positivo la fracción concentrada de lectina (FCL) de frijol Tépari, cuya actividad aglutinante contra eritrocitos humanos A+ es aproximadamente 5,565 UA/mg proteína, de acuerdo con datos reportados por García-Gasca y col. (2012).

Perfil electroforético monodimensional, tinción con ácido periódico, Western Blot y electroforesis en 2D.

Las lectinas purificadas fueron separadas por medio de la técnica SDS-PAGE, empleando el método de Laemmli (1970), con geles al 10%, teñidos con Azul de Coomassie. Además, se realizó la detección de polisacáridos a través de la tinción con ácido periódico reactivo de (Schiff) a través del método descrito por Walker (1994).

Otro gel fue transferido a membrana de nitrocelulosa, la membrana fue bloqueada con solución salina tamponada con Tris-TBS. Se utilizó un anticuerpo primario anti conejo diseñado previamente en el laboratorio, en el cual se incubó durante 2 h, seguido de tres lavados con TBST, posteriormente se incubó en un anticuerpo secundario AffiniPure Goat no Anti-Rabbit IgG (Santa Cruz, CA), durante 1h. Después del lavado final, las proteínas inmuno-reactivas se visualizaron con el kit ECL Western Blotting Analysis System Amersham™.

Para la Electroforesis bidimensional, se utilizaron geles de poliacrilamida al 10% y tiras de pH 4-7. La electroforesis isoeléctrica (IEF) se realizó siguiendo el protocolo de Amersham Biosciences. Brevemente, la muestra de proteína se diluyó con solución de rehidratación (urea 8.0 M, CHAPS al 2%, DTT al 0.8%, tampón IPG al 0.5%, pH 4-7 y azul de bromofenol al 0.002%), se colocó en un soporte para tiras y se cubrió con DryStrip durante 15 h a temperatura ambiente. El IEF se realizó con un procedimiento de gradiente: 250 V, 1 h; 500 V, 0.5 h; 1000 V, 0.5 h; 8000 V, 3 h y 25,000 V h. Las tiras se equilibraron luego en un buffer A (Tris-HCl 50 mM, pH 8,8, urea 6 M, glicerol al 30%, SDS al 2% y DTT 65 mM) y se reequilibraron a través de un buffer B que contenía yodoacetamida 130 mM en lugar de DTT. Después de cargar los geles de poliacrilamida al 10% para la separación de la segunda dimensión (Sistema de Electroforesis Hoeffer, Amersham), la SDS-PAGE se tiñó con nitrato de plata.

Marcaje de TBL-IE2 con glutaraldehído

El marcaje de TBL-IE2 con glutaraldehído se realizó colocando en un vaso de precipitado 20 µg de proteína con 10 mL de agua destilada, la mezcla se mantuvo en agitación con un agitador magnético a 60 rpm en ausencia de luz, se colocaron 0.10 mg/mL de QD, posteriormente, por goteo, se agregaron 50µL de gluraldehído al 2%, la mezcla se mantuvo en agitación por 10 minutos para posteriormente llevar la mezcla a diálisis contra agua para su observación en microscopía.

Acoplamiento Lectina-Quantum Dot por el método de microfluídica

El marcaje se realizó con un microchip de polidimetilsiloxano con diámetro de poro de 7 µm proporcionado por el laboratorio de la Dra. Natalia Hassan en la Universidad Metropolitana de Chile. Se realizó un primer lavado del microchip con una combinación de H_2O_2: HCl: H_2O,1:1:5 mL a una velocidad de flujo de 1.2 mL/h,

seguido por un segundo lavado con 1mL de agua milliQ a una velocidad de flujo de 6 mL/h, tras el cual se utilizó aire para retirar el exceso de agua. Posteriormente, se colocaron 300 µL de Neat Trimethyl octadecyl silanol, y se realizó un lavado secuencial con 2 mL de DMSO, 2 mL agua milliQ y 2 mL de acetona, se aplicó aire a presión para dejar el chip seco, posterior a esto se colocaron mangueras nuevas de 15 cm en los orificios del chip y se continuó con el acoplamiento lectina-QD. Se colocaron 20 µg de lectina diluidos en 10 mL de buffer MES pH7 en una jeringa Terumo de 10 mL, a una velocidad de flujo de 1.8 mL/h, con una bomba de infusión Kds Scientific modelo 100. Por otro lado, los QDs diluidos en PBS 1X pH 7 a una concentración de 0.0095 mg/mL, fueron colocados en una jeringa de 10 mL marca Terumo, a una velocidad de flujo de 2.4 mL/h. El conjugado se dializó a través de una membrana de 3.5 kDa para eliminar los QD no acoplados, posteriormente se realizaron las pruebas correspondientes de caracterización.

Determinación del espectro de emisión de TBL-IE2-QD por microscopía multifotón.

Los QD se disolvieron en un buffer de fosfato a 0.16 M, pH 7.4 y se mantuvieron a 4 °C. Posteriormente, se conjugaron con la lectina por método de microfluídica, los QD, la proteína TBL-IE2 y TBL-IE2-QD fueron tratados de la misma forma, las muestra se colocó en portaobjetos de vidrio y se cubrió con cubreobjetos Zeiss de alto rendimiento (D = 0.17 mm +/- 0.005 mm, índice de refracción = 1.5255 +/- 0.0015, número de Abbe = 56 +/- 2) y se observó en microscopio multifotón LSM 880-NLO, Zeiss, Alemania).

La detección del espectro de emisión de los QDs se realizó utilizando el sistema de microscopía multifotón mencionado, equipado con láser Ti: Sapphire (Chameleon vision II, Coherent, Escocia) capaz de sintonizar los rangos de 690 a 1060 nm. Las condiciones utilizadas fueron; Chameleon láser operado a 1.0% de potencia y orificio abierto (pinhole) esta tecnología permite un mejor análisis de la muestra.

Las áreas completas para las observaciones se llevaron a cabo en el objetivo de inmersión 60X/1.3, NA ∞ -0.17, Zeiss Plan NEOFLUAR. Las imágenes se adquirieron separando la emisión en tres canales: región azul o UV (371–440 nm), región verde/amarilla (450–550 nm) y región roja (560–730 nm). La exploración del "modo lambda" para la detección de la emisión espectral del complejo TBL-IE2-QD se realizó por excitación en dos longitudes de onda, a 780 nm y 850 nm. Todas las micrografías fueron capturadas en formato CZI a 1131 x 1131 píxeles y RGB.

Análisis morfológico de TBL-IE2-QD por microscopía electrónica de transmisión (MET)

La morfología del complejo TBL-IE2-QD se examinó con un microscopio electrónico de transmisión (Morgagni M-268, Philips/FEI, Países Bajos). Para el análisis de la morfología, se colocaron 7 µL de la muestra en rejillas de cobre revestidas con formvar/carbono de 200 mallas (Ted Pella; Redding, CA, EU) y se incubaron durante 10 min. El secado de la muestra se llevó a cabo a temperatura ambiente durante 5 min. Las muestras se contrastaron con acetato de uranilo al 2.5% (Electron Microscopy Science; Hatfield, PA, Holanda) y se incubaron durante 15 min. Las condiciones de funcionamiento en todos los experimentos fueron 80 kV de alto voltaje (EHT), en alta ampliación 1,000 - 180,000 X, presión de trabajo: 5 x 10-3 Pa (5 x 10-5 Torr).

Las micrografías se capturaron en formato TIFF con un tamaño de 1376 x 1032 píxeles y se capturaron en escala de grises. En este formato, 0 se asignó a negro y 255 a blanco en la escala de grises.

Determinación de potencial Z y tamaño de partícula de TBL-IE2 y TBL-IE2-QD

El potencial Z y el diámetro del complejo TBL-IE2-QD se determinaron mediante dispersión dinámica de luz en un (nanoanalizador Zetasizer ZSP, Malvern Instruments) en un ángulo de dispersión de 90° en modo lizs, se utilizó agua desionizada para estabilizar la medición de la carga eléctrica superficial del complejo TBL-IE2-QD y reducir el ruido de los iones en solución. Las mediciones se realizaron por triplicado para cada ensayo en una celda zeta capilar plegada (DTS1027, Malvern Instruments). Con los datos obtenidos de la lectina y TBL-IE2-QD se realizó un análisis de varianza para determinar si existían diferencias significativas entre los diferentes ensayos y el control empleando un alfa de 0.05, además de una prueba de rango post hoc Tukey para la comparación de pares de medias.

Para determinar el tamaño de partícula se usó el equipo (nanoanalizador Zetasizer ZSP, Malvern Instruments) y una celda de polipropileno de 2 mL, como buffer se utilizó agua desionizada, se realizó la medición por triplicado para cada ensayo la lectina y el complejo TBL-IE2-QD, para determinar si existían diferencias estadísticas se realizó un

análisis de varianza entre los ensayos y el control empleando un alfa de 0.05. Se realizaron pruebas de rango post hoc de Tukey para la comparación de pares de medias

Efecto citotóxico del complejo TBL-IE2 y TBL-IE2-QD sobre células HT-29

Se sembraron 1 x104 células de cáncer de colon HT-29 por pozo en microplacas de 24 pozos (Corning®) (Sacramento, CA, E. U.), se colocaron 0.5 mL de medio basal de Eagle modificado por Dulbecco (DMEM) suplementado con suero fetal bovino (FBS) al 10% (Biowest, Nuaillé, Francia). Después de 48 h, el medio se sustituyó con 1 mL de DMEM con 2% de FBS para la sincronización del ciclo celular. Después de 24 h se realizaron dos réplicas por separado de los siguientes tratamientos: 0.005, 0.001, 0.05, 0.01 y 0.1 mg/mL de TBL-IE2 y a su vez de TBL-IE2-QD cada uno por triplicado, las proteínas fueron disueltas en 1 mL de medio DMEM con albúmina sérica bovina al 2% (ASB). Los pozos control se llenaron con 1 mL de DMEM y ASB al 2%. Las células se tripsinizaron y se colectaron después de 8 h de tratamiento, posteriormente se contaron con una cámara Neubauer para determinar el porcentaje de células vivas. Todos los conteos se realizaron por cuadruplicado, en los ensayos independientes.

Análisis estadístico

Para determinar si los efectos citotóxicos de la lectina TBL-IE2 y el complejo TBL-IE2-QD fueron significativamente diferentes, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) utilizando la concentración como covariable. El análisis de los datos se realizó con el software R (The R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria), versión 3.5.3.

Resultados

Purificación y caracterización de TBL-IE2

Las proteínas obtenidas de frijol Tépari precipitadas con sulfato de amonio se cromatografiaron en Sephadex G 75 (Figura 1). Para determinar la actividad biológica de cada fracción, se analizó la aglutinación de los eritrocitos humanos tipo A RH positivos. Se obtuvieron fracciones ricas en lectinas de frijol Tépari, se agruparon y se sometieron a cromatografía de intercambio aniónico (Figura 2), eluyendo con NaCl 1.0 M, lo que produjo dos picos principales, ambos exhibiendo actividad aglutinante. Solo el pico 2 mostró una única proteína y una única banda de carbohidratos cuando se sometió a una electroforesis en 2D, exhibiendo un peso molecular de 30 kDa, con un punto isoeléctrico de 4.5. Esta glicoproteína, posteriormente denominada TBL-IE2, se seleccionó para acoplarse a nanopartículas Quantum Dot. Se realizó una SDS PAGE de la FCL al salir de la cromatografía de exclusión de peso molecular y de las fracciones al salir de la cromatografía de intercambio iónico (Figura 3). Se determinó la presencia de glicoproteínas mediante la tinción de PASS. Se identificó la presencia de lectinas de frijol Tépari por western blot y se corrió una electroforesis en 2D para purificarla (Figura 4). Posteriormente se corrió una SDS-PAGE en 2D en un rango más estrecho de pH para mejorar la purificación (Figura 5) y se realizó un western blot para identificar a la lectina (Figura 6).

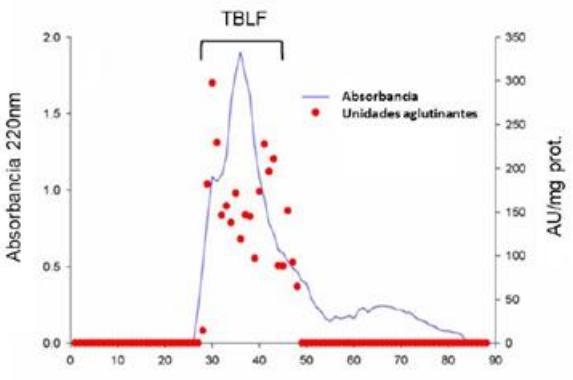


Figura 1. Cromatografía de filtración en gel (Sephadex G 75) para obtener la FCL. Los puntos rojos indican las unidades aglutinantes sobre mg de proteína de las fracciones la línea azul muestra la absorbancia a 280 nm.

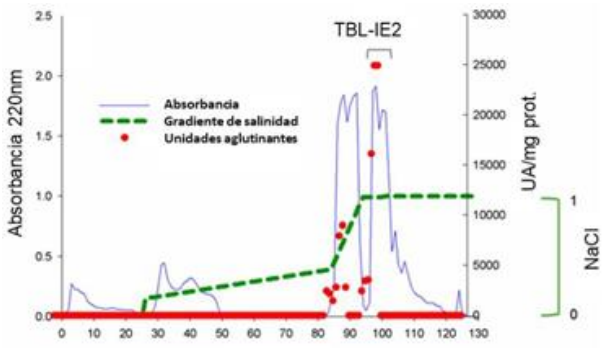


Figura 2. Cromatografía de intercambio iónico (Econo Pac High Q) de la FCL. Los puntos rojos indican las unidades aglutinantes sobre mg de proteína de las fracciones, la absorbancia se muestra en azul a 220 nm la línea punteada verde muestra el gradiente de salinidad que va de 0 a 1 M de Cloruro de Sodio. Los corchetes muestran la fracción TBL-IE2 obtenido en la cromatografía.

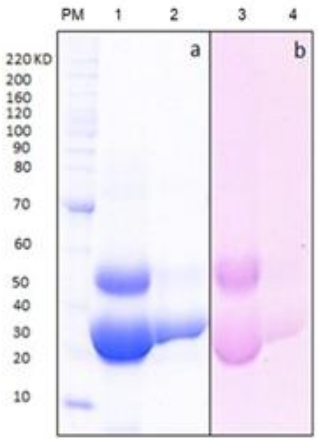


Figura 3. Electroforesis de FCL y TBL IE2 a) SDS PAGE 10%: Peso Molecular (MP). a) SDS PAGE 10%: Peso Molecular (MP) 1) FCL de Frijol Tépari 2) Proteína TBL-IE2 obtenida de intercambio iónico. b) Tinción ácida periódica de Schiff el número uno muestra la FCL mientras que el número dos se muestra la proteína TBL IE2.

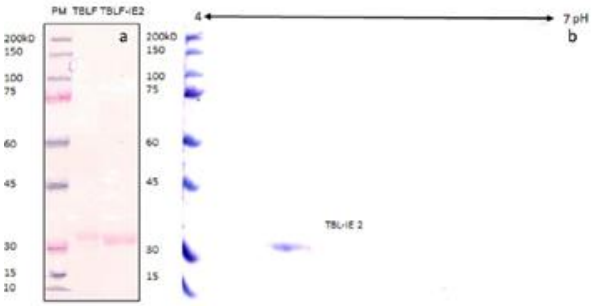


Figura 4. Caracterización bioquímica de TBL-IE2. a) Muestra el Westen Blot de la FCL y TBL-IE2 respectivamente donde se observa el reconocimiento de una proteína de PMA 30 kDa b) Perfil electroforético bidimensional de TBL-IE2 con rango de pH 4.7

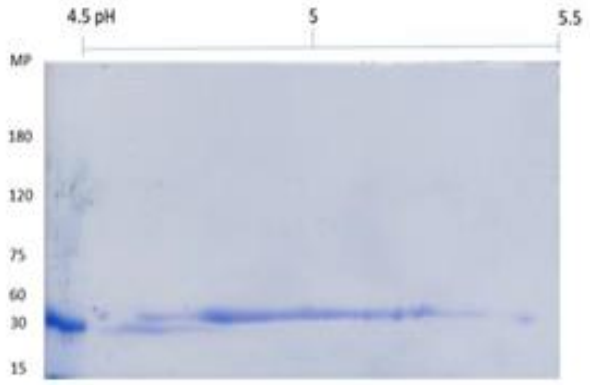


Figura 5. SDS PAGE en 2D de la proteína TBL-IE2 Se corrió la electroforesis 2D en un rango de pH 4.5 5.5 Se observa una banda de PMA 30 kDa distribuida a lo largo del gel.

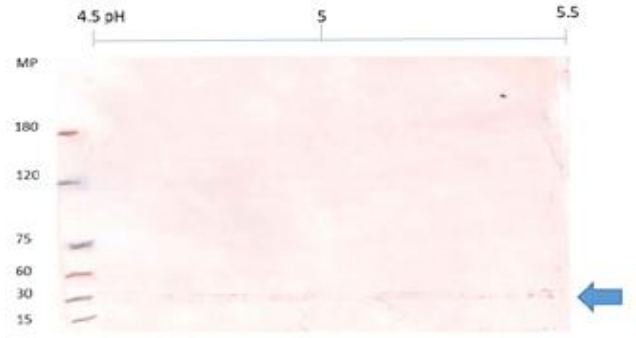


Figura 6. Western Blot de 2D de la proteína TBL-IE2. Se corrió la electroforesis 2D en un rango de pH 4.5-5.5 y se realizó un western blot. Se observa el reconocimiento del anticuerpo antilectina a la lectina de interés.

Marcaje y caracterización de TBL-IE2 con QD

El acoplamiento de la TBL-IE2 a QD mediante microfluídica se observó mediante microscopía multifotón (Figura 7). Se analizaron cuatro variables luz visible, fluorescencia a 570 nm, combinado luz visible y fluorescencia a 570 nm y análisis de lambda. Se registró una lectura cada 4 nm desde 400 hasta 700 nm (espectro de luz visible). El tamaño de los QDs fue de 4-6 nm a una resolución de 180,000 Kv (Figura 8).

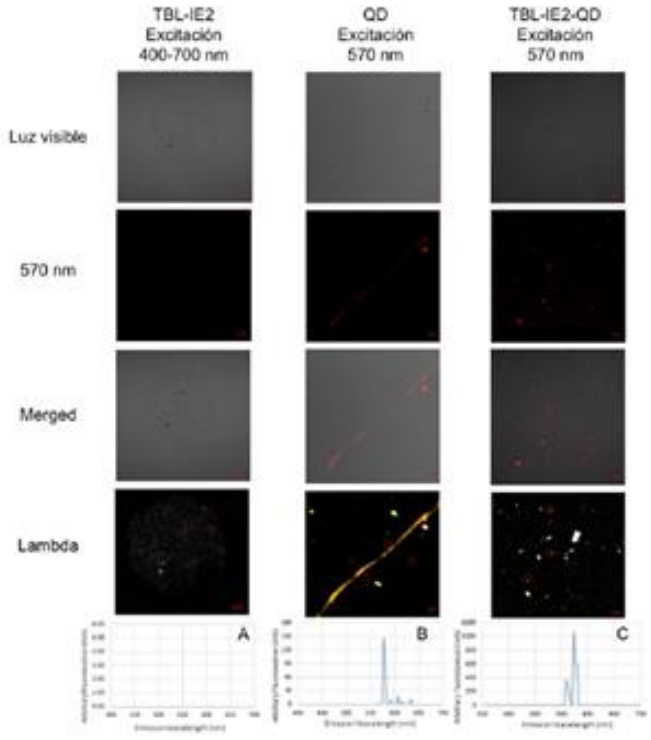


Figura 7. Análisis del acoplamiento de la TBL IE2 a QD. Imágenes de fluorescencia: análisis en luz visible, análisis de excitación a 570 nm, luz visible y excitación a 570 nm fusionados, análisis lambda de 400 a 700 nm con una distancia de 4 nm entre lecturas y longitud de

onda de emisión de: a) TBL-IE2, no hay presencia de fluorescencia, como se muestra en las micrografías; b) Quantum Dot se puede observar un solo pico a 570 nm en el gráfico como lo describe el proveedor de nanopartículas; c) Análisis del complejo TBL-IE2-QD, se puede observar un pico a 580 nm y un segundo pico a 560 nm con menor intensidad.

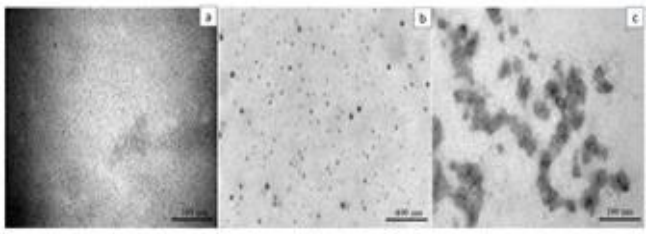


Figura 8. Imágenes de microscopía electrónica de transmisión para la lectina acoplada a QD. a) TBL-IE2 se puede observar una distribución homogénea de la proteína y ausencia de QD b) Complejo TBL-IE2-QD se puede observar la presencia de QD en toda la microfotografía, c) Marcaje de lectina (TBL-IE2) con QD por la técnica de glutaraldehído al 2%, se muestran clúster de diversos tamaños además de la presencia de QD.

Actividad aglutinante

Posterior a la purificación se determinaron las unidades aglutinantes (UA) para TBL-IE2 y para TBL-IE2-QD, donde se observaron 12,300 UA/mg y para TBL-IE2, 9,300 UA/mg de proteína, la presencia de fluorescencia se observa en la Figura 9.

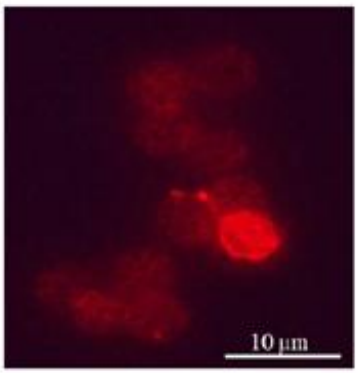


Figura 9. Microscopía de fluorescencia para la aglutinación de la TBL-IE2-QD. Se observa la aglutinación de eritrocitos A de humano con el complejo TBL-IE2-QD, posterior a 2 h de incubación a 37 °C.

Potencial Z y tamaño de partícula.

Los resultados obtenidos en el Zetasizer determinaron que el potencial zeta promedio de TBL-IE2 fue de -8.52 mV mientras que para el complejo TBL-IE2-QD fue de 18.51 mV ($p<0.05$) (Figura 10). Por su parte, el análisis de tamaño de partícula no mostró diferencia significativa entre TBL-IE2 y TBL-IE2-QD. La estandarización de la metodología de marcaje presentó diversas problemáticas dado que los análisis de potencial zeta y tamaño de partícula necesitan condiciones controladas, en la Figura 11 se observa la distribución del tamaño de partícula en relación a los pasos de purificación y marcaje. Se muestran algunos cambios de tamaño de la proteína TBL-IE2 posterior al marcaje con QD, aunado a la presencia de QD libres los cuales no se acoplaron a la lectina posterior a la diálisis s e pudo observar la eliminación de los QD presentes.

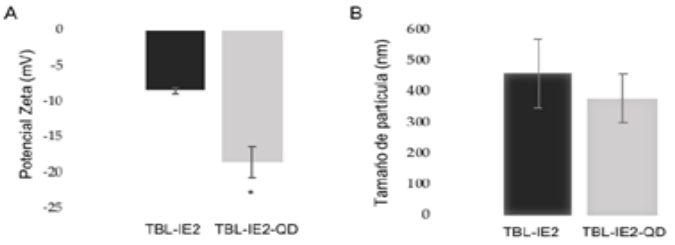


Figura 10. Potencial Zeta en milivolts (mV) de TBL-IE2 y TBL-IE2-QD. A) Potencial zeta promedio de la lectina no marcada y la lectina marcada. B) Tamaño de la lectina TBL IE2 y de la lectina acoplada TBL IE2 QD. Análisis post hoc Tukey comparaciones múltiples de medias 95%.

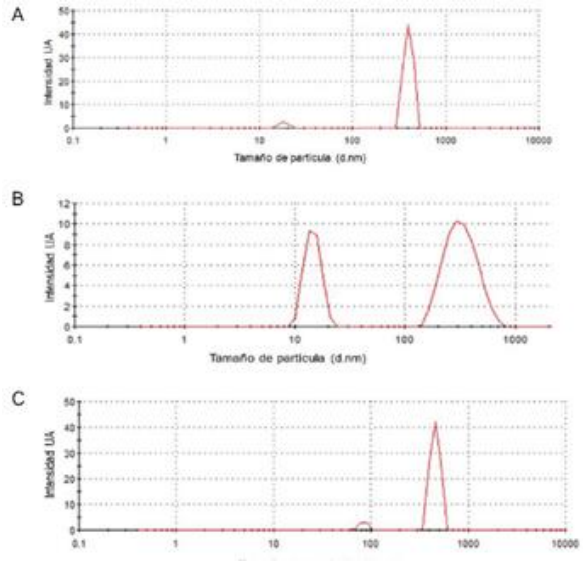


Figura 11. Distribución del tamaño de partícula de TBL-IE2 y TBL-IE2-QD A) En el caso de la lectina sin acoplar (TBL-IE2) se observa un pico máximo en el eje de 425 nm indicando que la mayoría de moléculas se encuentran en ese tamaño de partícula, a su vez se muestra un pico de menor tamaño e intensidad B) Tamaño de partícula de TBL-IE2-QD posterior al marcaje con la técnica de microfluídica, se observan dos picos, el primero se muestra en la escala de 100 nm mostrando una intensidad de 9 UA, el segundo pico se encuentra en el rango de 400 nm. C) Tamaño de partícula TBL-IE2-QD posterior a diálisis contra agua. Se observa un pico pequeño en el rango de 80 nm con una intensidad menos a las 3 UA, y a su vez, se muestra un pico bien definido a los 375 nm con una intensidad aparente de 42 UA.

Efecto citotóxico de TBL-IE2 y de TBL-IE2-QD sobre células HT-29

Posterior a la purificación, caracterización y marcaje de TBL-IE2 con QD se realizó un análisis de citotoxicidad de TBL-IE2 y de TBL-IE2-QD contra células HT 29, determinando la CL_{50} y las diferencias entre tratamientos como se muestra en la Figura 12.

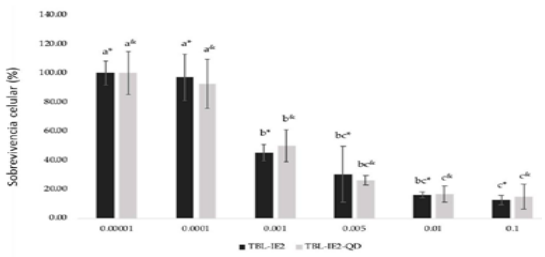


Figura 12. Efecto citotóxico del complejo TBL IE2 y TBL IE2 QD en células HT29. El porcentaje de sobrevivencia celular se muestra después de diferentes tratamientos con TBL-IE2 y TBL IE2 QD. Letras minúsculas TBL-IE2 y TBL-IE2-QD indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones para cada tratamiento (p<0 05). Se realizaron tres experimentos independientes con las células HT 29.

Discusión y conclusión.

Existe abundante información sobre la purificación de lectinas, sin embargo, hay pocas publicaciones que se refieran a su etiquetado para la visualización en microscopía. En el presente trabajo se logró purificar por diversos métodos cromatográficos una lectina de frijol Tépari. Métodos como el de exclusión molecular y cromatografía de intercambio iónico funcionan para purificar lectinas como la de Morone saxatilis (Feng y Vasta, 2020) o la de Galanthus nivalis (Van Damme. 2020). Aunque se obtienen rendimientos bajos, estos métodos permiten continuar con el estudio de dichas proteínas, presentando moléculas viables para análisis moleculares. La lectina TBL-IE2 pudo ser purificada por cromatografía de exclusión molecular, seguido de una cromatografía de intercambio iónico. Las propiedades biológicas como aglutinación o citotoxicidad no presentaron cambios significativos en relación a la lectina marcada y sin marcar, diversos trabajos reportan esta misma condición para otras lectinas como la fitohemaglutinina de frijol, Con A o lectina de Cramoll (Cunha y col., 2018). El análisis de QD mostró una emisión espectral con un pico máximo de fluorescencia a 574 nm, esta emisión corresponde a las características proporcionadas por el fabricante, así como a los registros de otros trabajos que utilizan QD de teluro de cadmio (TeCd) en procesos de etiquetado de proteínas (Joglekar y col., 2017). El análisis del complejo TBL-IE2-QD mostró una emisión espectral entre 568 nm y 586 nm mientras que los QDs mostraron un único pico de fluorescencia a 570 nm. Resultados similares se encontraron en el trabajo de Arruda y col., en 2019, donde se etiquetó una lectina de la planta Moringa oleífera con QD de CdTe mostrando estabilidad en la longitud de onda de emisión y buena intensidad de fluorescencia en el reconocimiento de la matriz de larvas del mosco Aedes aegypti. La intensidad de emisión de los QDs alcanzó las 150 unidades arbitrarias, mientras que el complejo, dichos resultados mostrados nos brindan información para poder probar futuras proteínas marcándolas con QD para describir sus interacciones en modelos *in vivo* o *in vitro.*

Trabajos previos con lectinas de frijol Tépari han demostrado la efectividad de estas proteínas para aglutinar los eritrocitos A+ y desencadenar efectos citotóxicos en células de cáncer de colon y en experimentos in vivo. En el presente trabajo se logró la purificación y caracterización de una fracción de lectina (TBL-IE2) de este grano.

Posteriormente, la lectina se acopló a nanopartículas QD, formando el complejo TBL-IE2-QD el cual también se caracterizó, y se pudo comprobar que mantuvo su actividad biológica, El proceso de etiquetado realizado a través de la técnica de microfluídica permitió conservar el efecto biológico de la lectina, aunado a su observación en microscopía. El complejo TBL-IE2-QD mostró estabilidad y capacidad para ser utilizado en el futuro, con el fin de lograr la trazabilidad de las lectinas en sistemas in vitro e in vivo, como una herramienta para el diagnóstico molecular del cáncer.

Referencias bibliográficas.

Alatorre-Cruz, J. M., Pita-López, W., López-Reyes, R. G., Ferriz-Martínez, R. A., Cervantes-Jiménez, R., Carrillo, M. D. J. G., Gutiérrez-Sánchez, H., Reis de Souza T, Blanco-Labra A, García-Gasca T. (2018). Effects of intragastrically-administered Tepary bean lectins on digestive and immune organs: Preclinical evaluation. Toxicology Reports, 5, 56-64.

Bilan, R., Nabiev, I., Sukhanova, A. (2016). Quantum dot-based nanotools for bioim-aging, diagnostics, and drug delivery. Journal of Chemical Biology, *17*(22), 2103-2114.

Cavada, B. S., Osterne, V. J. S., Oliveira, M. V., Pinto-Junior, V. R., Silva, M. T. L., Bari, A. U, Nascimento, K. S. (2020). Reviewing Mimosoideae lectins: A group of under explored legume lectins. International Journal of Biological Macromol-ecules. 154, 159-165

Cong, Y., Katipamula, S., Trader, C. D., Orton, D. J., Geng, T., Baker, E. S., Kelly, R. T. (2016). Mass spectrometry-based monitoring of millisecond protein–ligand binding dynamics using an automated microfluidic platform. Lab on a Chip, 16(9), 1544-1548.

Cunha, C. R. A, Andrade, C. G., Pereira, M. I., Cabral Filho, P. E., Carvalho Jr, L. B., Coelho, L. C., Santos B.S., Fontes A., Correia, M. T. (2018). Quantum dot–Cramoll lectin as novel conjugates to glycobiology. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 178, 85-91.

Dan, X., Liu, W., Ng, T. B. (2016). Development and applications of lectins as biological tools in biomedical research. Medicinal Research Reviews, 36(2), 221-247.

Feng, C., Vasta, G. R. (2020). Purification and Biochemical Characterization of Se-lected F-Type Lectins.Lectin Purification and Analysis: Methods and Protocols, 241-255.

Ferriz-Martínez, R. A., García-García, K., Torres-Arteaga, I., Rodriguez-Mendez, A. J., Guerrero-Carrillo, M. J., Moreno-Celis, U., Ángeles-Zaragoza, M. A., Blanco-Labra, A., Gallegos-Corona, M. A., Robles-Álvarez, J. P., Mendiola-Olaya, E., Andrade-Montemayor, H. M., García, O. P., García-Gasca, T. (2015). Tolerability assessment of a lectin fraction from Tepary bean seeds (*Phaseolus acutifolius*) orally administered to rats. Toxicology Reports, (2), 63-69.

Hashim, O. H., Jayapalan, J. J., Lee, C. S. (2017). Lectins: an effective tool for screening of potential cancer biomarkers. PeerJ, 5, e3784.

Joglekar, S. S., Gholap, H. M., Alegaonkar, P. S., & Kale, A. A. (2017). The interac-tions between CdTe Quantum dots and proteins: understanding nano-bio inter-face. Journal of Material Science, *4*(1), 209-222.

Manning, J. C., Romero, A., Habermann, F. A., Caballero, G. G., Kaltner, H., Gabius, H. J. (2017). Lectins: a primer for histochemists and cell biologists. Histochemistry and Cell Biology, 147(2), 199-222.

Moreno-Celis, U., López-Martínez, F. J., Cervantes-Jiménez, R., Ferríz-Martínez, R. A., Blanco-Labra, A., García-Gasca, T. (2020). Tepary bean (Phaseolus acuti-folius) lectins induce apoptosis and cell arrest in G0/G1 by p53 (ser46) phos-phorylation in colon cancer cells. Molecules, 25(5), 1021.

Moura, I. M., Cabral Filho, P. E., Seabra, M. A., Pereira, G., Pereira, G. A., Fontes, A., Santos, B. S. (2018). Highly fluorescent positively charged ZnSe Quantum dots for bioimaging. Journal of Luminescence, 201, 284-289.

Pervin, M., Koyama, Y., Isemura, M., Nakamura, Y. (2015). Plant lectins in therapeutic and diagnostic cancer research. Int. Journal Plant Biology Reserch, (3), 1030-1035.

Torres-Arteaga, I. T., Guillen, J. C., Olaya, E. M., Gasca, T. G., Zaragoza, M. V. Á., García-Santoyo, V., Torres-Castillo JA, Aguirre C Phinney B., Blanco-Labra, A. (2016). Characterization of two non-fetuin binding lectins from Tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) seeds with differential cytotoxicity on colon cancer cells. J. Glycobiology, 5, 117.

Van Damme, E. J. (2020). Purification of GNA-Related Lectins from Natural Sources. In Lectin Purification and Analysis. Humana, New York, NY. 413-419.

Yao, J., Li, P., Li, L., Yang, M. (2018). Biochemistry and biomedicine of Quantum dots: From biodetection to bioimaging,drug discovery, diagnostics, and therapy. Acta Biomaterialia, 74, 36-55.

Zhang, J., Yan, S., Yuan, D., Alici, G., Nguyen, N. T., Warkiani, M. E., Li, W. (2016). Fundamentals and applications of inertial microfluidics: a review. Lab on a Chip, 16(1), 10-34.

El consumo de hoja de frijol previene aumento de peso y tejido adiposo

Autores: Perla Viridiana Ocampo Anguiano* y Santiaga Marisela Ahumada Solórzano.

Colaboradores: Konisgmar Escobar García, Candelario Mondragón Jacobo, Adriana Becerril, Mariela Camacho Barrón, Verónica Andrade Portillo y Teresa García Gasca.
Asesor: Santiaga Marisela Ahumada Solórzano
Afiliación institucional: Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
Contacto: perla_viri_25@hotmail.com y santiaga.marisela.ahumada@uaq.mx

Resumen

La obesidad es un problema de salud a nivel mundial, en México el 75% de los adultos presentan sobrepeso u obesidad, esto se asocia con el desarrollo de otras enfermedades, como la diabetes mellitus tipo 2, que afecta a más de 8 millones de mexicanos. El estilo de vida no saludable, acompañado del consumo excesivo de alimentos de alta densidad energética y disminución de la actividad física, son la causa principal del desarrollo de obesidad. Los alimentos que conforman una dieta hipercalórica, han desplazado el consumo de alimentos saludables típicos de la cocina mexicana. La hoja de frijol (HF) no es considerada parte de la dieta habitual, solo la consumen como quelites en algunas regiones de nuestro país, principalmente donde permanecen grupos étnicos y de mayor manera es alimento para animales, quedando sin mayor aprovechamiento para el humano. Se sugiere por estudios previos que la HF es alta en fibra, tiene cantidades considerables de potasio, calcio y hierro, así como compuestos fenólicos. En esta investigación, se encontró que la HF contiene alto porcentaje de fibra dietética (24.08 ± 1.37%), proteína cruda (24.22 ± 0.18%) e hidratos de carbono (45.48 ± 0.67%) así como bajo porcentaje de lípidos (1.33±0.05). El consumo de HF en ratas con dieta hipercalórica previene el incremento de peso (percentil >97 dieta hipercalórica (H) vs <90 dieta hipercalórica +HF (HHF)) y acumulación de tejido adiposo visceral (H: 15283.92 ± 562.8mm^3 vs HHF: 10695.57 ± 1294.53mm^3) y subcutáneo (H: 2717 ± 113.4mm^3 vs HHF: 1183 ± 180mm^3).
Palabras clave: hoja de frijol, obesidad

Summary

Obesity is a global health problem, in Mexico 75% of adults are overweight or obese, this is associated with the development of other diseases, such as type 2 diabetes mellitus, which affects more than 8 million Mexicans. The unhealthy lifestyle, accompanied by excessive consumption of energy-dense foods and decreased physical activity, are the main cause of obesity development. Foods that make up a high calorie diet have displaced the consumption of healthy foods typical of Mexican cuisine. Bean leaf (HF) is not considered part of the usual diet, it is only consumed as quelites in some regions of our country, mainly where ethnic groups remain and is mostly animal feed, leaving no further use for humans. It is suggested from previous studies that HF is high in fiber, has considerable amounts of potassium, calcium and iron, as well as phenolic compounds. In this research, HF was found to contain a high percentage of dietary fiber (24.08 ± 1.37%), raw protein (24.22 ± 0.18%) carbohydrates (45.48 ± 0.67%) as well as low lipid percentage (1.33±0.05). Consumption of HF in rats on a high calorie diet prevents weight gain (percentile >97 diet H vs <90 H +HF) and accumulation of visceral adipose tissue (H: 15283.92 ± 562.8mm^3 vs HHF: 10695.57 ± 1294.53mm^3) and subcutaneous (H: 2717 ± 113.4mm^3 and vs HHF: 1183 ± 180mm^3).
Keywords: bean leaf, obesity

Introducción

La prevalencia de obesidad y diabetes en México se ha incrementado, el 75% de los adultos tienen sobrepeso u obesidad [1]. La acumulación de tejido adiposo visceral, presente en la obesidad se asocia con mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas [2]. La presencia de obesidad se considera un factor de riesgo para otras

enfermedades crónicas como el síndrome metabólico, resistencia a la insulina, hipertensión, aterosclerosis, dislipidemias, cáncer y diabetes que es la 2ª causa de muerte en el país[1]. La causa principal a nivel mundial del sobrepeso y la obesidad es el desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético, caracterizado por el consumo de alimentos con alta densidad energética (altos en grasa y carbohidratos simples) y disminución en la actividad física [3].

En México uno de los alimentos más consumidos es el frijol, es el 2do. cultivo que se produce en mayor volumen en el país [4]. Se estima que por cada hectárea de frijol se genera alrededor de 650kg de HF. En diversas zonas del país, principalmente del Estado de México, se acostumbra el consumo de "quelites" u hojas tiernas de plantas comestibles, se sabe que se consumen las hojas tiernas del frijol *Phaseolus vulgaris* (HF), conocidas como cogollitos de frijol [5]. El consumo de quelites se realiza principalmente por personas que pertenecen a grupos étnicos en zonas rurales[6].

Se sabe que las plantas pertenecientes al grupo de los quelites, poseen características que les permite desarrollarse en condiciones extremas, lo que favorece los mecanismos de protección ante el estrés, favoreciendo la generación de compuestos fenólicos que se reconocen por su capacidad antioxidante [6].

Las HF se consumen en ensalada, cocidas, guisadas, en puré o molidas como condimento para otros alimentos (Martinez Zavala et al. 2016). Sobre la calidad nutricia de la HF, en un estudio previo se analizó el contenido bromatológico en la HF *Phaseolus vulgaris L.* de la variedad Eugenia, indicando que contiene un alto porcentaje de fibra (48.56± 0.5%) y de proteína (14.2 ± 0.65%), así como la presencia de minerales, potasio (2290.74mg/100g) calcio (1918.06mg/100g) y hierro (1.16mg/100g), además de compuestos antioxidantes como son los fenoles (2459.2mg/100g), antocianinas (51.16mg/100g) y flavonoides (887mg/100g) [8].

Por otro lado, otro de los compuestos bioactivos presentes en las hojas es la fibra, su consumo se asocia con efectos benéficos sobre la obesidad. Se ha visto que una dieta con alto consumo de fibra, favorece a tener menor porcentaje de grasa corporal comparado con personas que llevan una dieta baja en fibra, este efecto es atribuido a la baja densidad energética, aumento en el volumen del bolo alimenticio y mayor tiempo de tránsito de los alimentos [9]. Además, su consumo se ha asociado con efectos benéficos o protectores contra patologías como la hipertensión, diabetes mellitus tipo 2 y dislipidemias [10].

En un estudio reciente, de nuestro grupo de trabajo, se evaluó el efecto del consumo de HF en ratas Wistar con dieta obesogénica, observando que la inclusión de HF está relacionada con la disminución de la concentración de colesterol y triglicéridos así como del perfil glucémico en sangre durante la restricción de alimento (7h alimento/14h ayuno) [11].

Considerando lo anterior, se pretende encontrar la relación que existe entre el consumo de HF y una dieta hipercalórica en ratas Wistar macho alimentadas con una dieta alta en fructosa y manteca de cerdo en condiciones ad libitum y durante un periodo de exposición a la dieta y HF mayor.

En este sentido, es importante llevar a cabo la presente investigación, para ampliar el conocimiento que se tiene sobre los efectos de la HF e incentivar su consumo en la dieta de mayor población mexicana para aprovechar los beneficios con los que se relaciona su ingesta, principalmente el de la interacción de la fibra dietética y/o fitoquímicos con enfermedades crónicas no trasmisibles.

Metodología

Características de la HF.

La planta de frijol *Phaseolus vulgaris L.* variedad Eugenia se obtuvo por sembradío en campo abierto en el campus experimental Amazcala (FCN, UAQ). Posterior a su cosecha, se seleccionaron las hojas verdes (6-15 cm longitud y 3-11 cm de ancho) y se secaron en horno de convección a 45°C hasta peso constante. La HF seca se molió y cribó a 0.2 mm (molino Thomas-Wiley modelo 4). El polvo de HF se incorporó en la dieta de los grupos experimentales y se realizó con ella el análisis químico proximal.

Caracterización bromatológica de la HF.

La HF se analizó siguiendo las técnicas descritas en el manual de Hérnandez Martinez, con las adaptaciones pertinentes, donde se determinó la humedad, las cenizas, la proteína cruda y los lípidos. La fibra se determinó por diferentes técnicas, obteniendo la fibra dietética total utilizando un kit (Total Dietary Fiber Assay Kit, Sigma-Aldrich), la fibra detergente ácida, la fibra detergente neutra y la fibra cruda, así como las demás determinaciones se realizaron con las técnicas establecidas en el laboratorio de nutrición animal de la UAQ.

Diseño experimental animal.

Los grupos experimentales se formaron con 11 ratas Wistar macho de 6 semanas de edad, peso aproximado de 150-180 g (Bioterio INB-UNAM Campus Juriquilla, Qro). Los animales se alojaron en jaulas estándar (27 X 37 X 15 cm) con cama sanitaria de viruta estéril y bajo condiciones controladas de temperatura (22 ± 2°C), humedad relativa (60 ± 5 %) y un ciclo de 12 h de luz/oscuridad con alimento y agua *ad libitum*, con limpieza de las jaulas cada tercer día.

Los animales se distribuyeron en 4 grupos de manera aleatoria. Los grupos experimentales fueron: control (C), control + HF (CHF), dieta hipercalórica (H) y dieta hipercalórica + HF (HHF). Este trabajo se realizó en dos secciones, 7 y 14 semanas (S) (bloque 1 y 2, respectivamente).

Diseño de dietas para los animales experimentales.

El alimento base en las dietas fue Rodent Lab Chow 5001. Las dietas con HF (CHF y HHF) se prepararon adicionando 10% de polvo de HF al alimento molido. El caseinato de calcio se adicionó para cubrir los requerimientos de proteína de acuerdo con lo indicado en el etiquetado del alimento base comercial (Rodent Lab Chow 5001). Previo a comenzar con la dieta correspondiente los animales estuvieron 1 semana en adaptación al alimento base en polvo. La composición energética y nutrimental de las dietas para cada grupo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1 Grupos experimentales y contenido nutrimental de las dietas.

Grupo	Energía (kcal/g)	Proteínas (g/100g de alimento)	Hidratos de carbono (g/100g de alimento)	Lípidos (g/100g de alimento)	Fibra (g/100g de alimento)
Control (C)	3.36	23.87	48.5	5	5.3
Control + HF (CHF)	3.57	25.97	50.64	5.2	5.56
Dieta hipercalórica (H)	4.58	21.75	43.51	21.88	3.59
Dieta hipercalórica + HF (HHF)	4.75	22.56	46.31	22.16	3.55

Análisis y determinaciones en animales.

a. Composición corporal

En el primer bloque (7 S) se registró de manera semanal el peso de los animales. La ingesta de alimento, consumo de agua, así como excreción de heces y orina, se cuantificaron colocando a los animales en una caja metabólica por 24h. En el bloque 2 (14 S) se continuó con el registro del peso y consumo de alimento sin utilizar la caja metabólica.

Además para conocer la distribución de la grasa corporal, en la última semana, previo a la eutanasia, los animales fueron analizados por resonancia magnética (Laboratorio nacional de imagenología por resonancia magnética, LANIREN INB- UNAM, Campus Juriquilla, Qro), utilizando isoflurano como anestésico. Las imágenes se analizaron con el programa ITK-SNAP versión 3.8.0.

b. Glucosa

Previo a la eutanasia, realizamos una curva de tolerancia a la glucosa con administración intraperitoneal (2g glucosa/kg de peso), registrando al tiempo 0, 30, 60, 90 y 120 min. Además se analizó el nivel de glucosa después de eutanasia en suero.

c. Eutanasia

La eutanasia se llevó a cabo por decapitación, posterior a la eutanasia, se colectó sangre y el suero fue obtenido por centrifugación a 3000 rpm por 20 min y se almacenó en alícuotas a -20°C hasta su análisis.

d. Perfil lipídico.

El perfil de lípidos (colesterol, triglicéridos y lipoproteínas) se determinaron en suero posterior a la eutanasia, utilizando técnicas colorimétricas.

Análisis estadístico

Los resultados se presentaron como la media ± error estándar (SE). El análisis de varianza o ANOVA se usó para determinar diferencias significativas entre los grupos y se aplicó la prueba *post hoc* Tukey ($p \leq 0.05$). El programa estadístico para los gráficos fue GraphPad Prism 6 y SPSS Statistical Software versión 18.0.

Resultados

Composición de la HF

Se determinó la cantidad de materia seca, cenizas proteína cruda, hidratos de carbono, fibra y extracto etéreo en la HF *Phaseolus vulgaris L.* variedad Eugenia, donde se encontró que la HF contiene proteína cruda (24.22 ± 0.18%), hidratos de carbono (45.48 ± 0.67%), fibra dietética total (24.08 ± 1.37%) y lípidos (1.33 ± 0.05%) como se observa en la tabla 2.

Tabla 2 Composición bromatológica de la HF, variedad Eugenia. Se presentan los datos como la media ± SD, n=3.

Hoja de frijol variedad Eugenia (%)	
Materia seca	94.31 ± 0.24
Cenizas	12.97 ± 0.22
Proteína cruda	24.22 ± 0.18
Hidratos de Carbono	45.48 ± 0.67
Fibra cruda	9.50 ± 0.21
FDN	28.14± 0.71
FDA	16.23 ± 0.59
Fibra dietética total	24.08 ± 1.37
Extracto etéreo	1.33 ± 0.05

Consumo de alimento y energía en los animales.

En cuanto al consumo de alimento, los animales no mostraron diferencia significativa entre grupos en el primer bloque de 7 S ni en el segundo de 14 S. Lo cual es similar al analizar la energía de las dietas en función del consumo de los grupos experimentales.

Peso corporal y percentiles

En la figura 1 se encuentra el peso que tuvieron los animales en el primer bloque de 7 S, el cual no mostró cambios entre grupos, sin embargo al ubicar las medias de los pesos de cada grupo en los percentiles, de acuerdo al peso y edad para ratas Wistar macho, el grupo H se ubicó en el rango de obesidad (percentil >97), mientras que HHF en eutrófico al igual que los grupos C y CHF, como se observa en la figura 2.

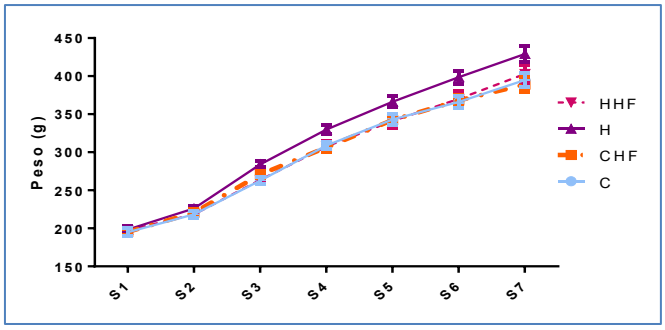


Figura 1 La dieta H favorece el aumento de peso a las 7 semanas. Media ± SE, n=11. C= control, CHF= control + HF, H= dieta hipercalórica, HHF= dieta hipercalórica + HF. Eje de las X, semanas de experimentación y eje de las Y, peso de los animales (g). Anova de una vía post hoc Tukey, p< 0.05, no hay diferencia significativa.

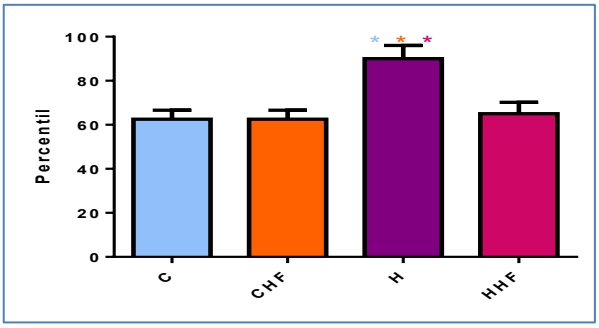


Figura 2 La HF previene el aumento de peso y disminuye el percentil de acuerdo a la edad y peso en HHF. Media ± SE, n= 11. C= control CHF= Control hoja de frijol, H= dieta hiperenergética, HHF= dieta hiperenergética + HF. Eje d las X, grupos experimentales y eje de las Y, percentile. Anova de una vía post hoc Tukey, p < 0.05. * C vs H,*CHF vs H y *HHF vs H.

Consumo de agua, excreción de orina y heces.

En relación al consumo de agua, en las primeras 2 semanas, H (25.28±1.24 y 32.14±1.81ml) consumió menor cantidad de agua en relación al grupo C (42.71±3.02 y 46±2.72ml). Mientras que para la orina colectada, no se encontró diferencia significativa entre grupos. Sin embargo como se muestra en la figura 3, los grupos C y CHF presentaron mayor excreción de heces en relación con los grupos H y HHF en las semanas 2, 3, 5 y 6.

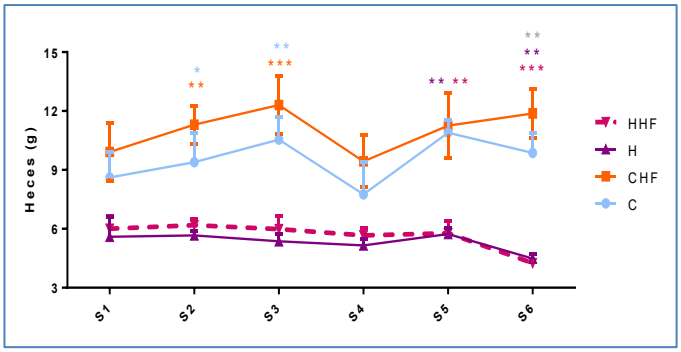


Figura 3 Las dietas hiperenergética (H y HHF), disminuyen la excreción de heces. Media ± SE, n=11. C= control CHF= Control hoja de frijol, H= dieta hiperenergética, HHF= dieta hiperenergética + HF. Eje de las X, semanas de experimentación y eje de las Y, cantidad de heces (g). Anova de una vía post hoc Tukey, $p < 0.05$. S2: * C vs H; ** CHF vs H y HHF. S3: ** C vs H y HHF; *** CHF vs H y HHF. S5: ** ** C y CHF vs H y HHF. S6: **C vs H y *** C vs HHF.

Distribución de tejido adiposo visceral y subcutáneo por resonancia magnética, RM.

Como parte de la evaluación de la composición corporal, se incluyó el uso de RM, para la estimación de tejido adiposo visceral y subcutáneo. A las 7 S (Figura 4), respecto al tejido adiposo visceral H (2717.75 ± 113.4mm^3) tuvo 2.3 veces más grasa que HHF (1183.25 ± 180mm^3). En el periodo de 14 semanas, el tejido adiposo visceral en H (15 283.92±562.8mm^3), fue 1.42 veces mayor que en HHF (10 695.57 ± 1294.53mm^3), como se muestra en la figura 4.

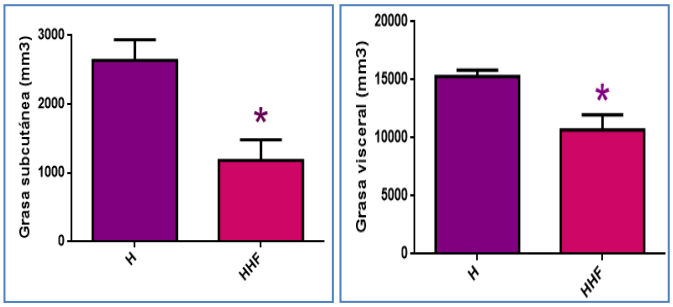


Figura 4 La HF previene la acumulación de tejido adiposo subcutáneo en HHF a las 7 semanas y de tejido adiposo visceral a las 14 semanas. Media ± SE, n=3. H= dieta hiperenergética, HHF= dieta hiperenergética + HF. Eje de las X, grupos experimentales y eje de las Y, cantidad de tejido adiposo (mm^3) Anova de una vía post hoc Tukey, $p < 0.05$. Tejido adiposo subcutáneo 7S: * H vs HHF. Tejido adiposo visceral 14 semanas: * H vs HHF.

Curva de tolerancia a la glucosa.

Durante las S de experimentación realizamos curva de tolerancia a la glucosa (CTG) para determinar cómo estaba la sensibilidad a ésta en sangre. En el bloque 1 fue donde se encontraron diferencias significativas. En la figura 5 se observa que a los 30 min se presentó el pico de glucosa en todos los grupos, además el grupo H fue el que mostró el mayor nivel de glucosa durante la curva. A los 30 min H (302.09 ± 20.27mg/dl) fue diferente estadísticamente con C (231.9 ± 12.22mg/dl) por 1.28 veces y por 1.31 veces con CHF (229.72 ± 14.88mg/dl). A los 60 min H (246.18 ± 16.43 mg/dl) tuvo diferencia significativa 1.48 veces con C (167.57 ± 15.98 mg/dl) y 1.35 con CHF (179.09 ± 5.65 mg/dl). A los 90 min seguían altos los niveles de forma significativa en H (198.1 ± 15.18 mg/dl) y HHF (203.2 ± 13.58 mg/dl), siendo 1.45 veces y 1.47 veces más que en el grupo C (139.55 ± 37.23mg/dl). A los 120 min descendieron los niveles de glucosa siendo mayores en H y HHF sin diferencia significativa entre grupos.

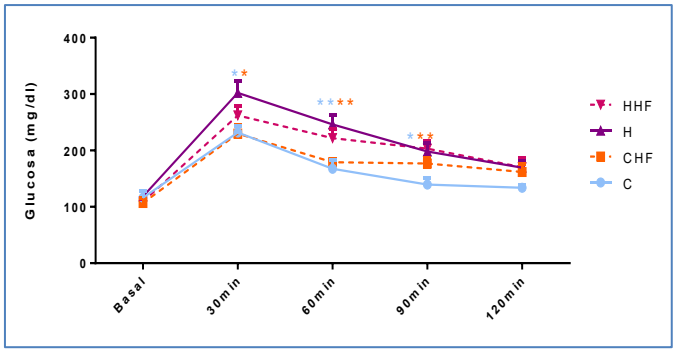


Figura 5. Las concentraciones de glucosa en la curva de tolerancia a la glucosa, son mayores en los grupos con dieta H a las 7 semanas. Media ± SE, n=11. C= control, CHF= control + HF, H= dieta hiperenergética, HHF= dieta hiperenergética + HF. Eje de las X, tiempos de la curva (min) y eje de las Y, glucosa (mg/dl). Anova de una vía post hoc Tukey, $p < 0.05$. 30 min: *C vs H, *CHF vs H. 60 min: ** C vs H, ** CHF vs H. 90 min: *C vs HHF, ** CHF vs H.

Perfil de lípidos y glucosa en suero

Respecto a las concentraciones en suero de glucosa, colesterol, triglicéridos y lipoproteínas, no se

encontraron diferencias significativas al comparar los cuatro grupos experimentales.

Discusión y conclusiones

Composición bromatológica de la hoja de frijol

El análisis bromatológico en la hoja de frijol demostró que constituye una fuente de proteína (24.22g/ 100g), de fibra dietética total (24.08g/100g), fibra detergente neutra (28.14g/100g) y contenido mínimo de lípidos (1.33g/100g). Al comparar nuestros resultados con lo reportado en relación a la fibra, en nuestro estudio la cantidad es menor[7,8]. La hoja de frijol pertenece al grupo de plantas que pueden consumirse, denominadas quelites, se sabe que nutricionalmente tienen un aporte significativo de macronutrimentos, fibra, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes, lo que sugiere que es una opción adecuada y de fácil acceso para el aporte de nutrimentos [6,12].

Consumo de alimento y energía en los animales

Los datos presentados, indican que el consumo de alimento entre grupos no se ve afectado por el tipo de dieta durante 7 S de experimentación. Un estudio en donde se evaluaron cambios en el comportamiento en relación a la ingesta de dieta alta en grasa comparado con dieta control, por 10 días, reportó que las ratas con dieta alta en grasa tenían un consumo menor de alimento, posiblemente para regular el incremento de peso, lo que resultó en que no hubo diferencia significativa en peso entre el grupo control y con dieta alta en grasa, sin embargo si hipertrofia del tejido adiposo con la dieta alta en grasa [13]. Se ha reportado que la combinación de una dieta alta en grasa y fructosa genera alteraciones metabólicas, relacionada con alteraciones en el perfil lipídico y glicémico, no obstante, contrario a lo que se esperaría, al observar que las dietas altas en grasa y fructosa incrementan el consumo energético, que se puede asociar con incremento de peso, se ha encontrado que los animales tienden a disminuir su ingesta de alimento a partir de dietas alta en grasa y fructosa en comparación con dieta control, sin embargo el aporte energético si es mayor, un estudio que se hizo en ratas Wistar macho durante 20 S con dieta alta en grasa y fructosa, mostró que las ratas que consumían esta dieta, ingerían menos alimento (g), en comparación con el grupo control, resultando en que no hubiera diferencia significativa en peso durante las primeras S, sin embargo a la semana 20 se mostró diferencia significativa en peso, en relación con el grupo control [14]. Lo observado en nuestra investigación, relacionado con los estudios mencionados, sugiere que a mayor sea el tiempo de consumo de dieta hiperenergética, se incrementará la ingesta de alimento y energía lo cual también se asocia con cambios metabólicos.

Peso corporal y percentiles

Como parte del estudio, se examinó el cambio de peso de los animales donde no se encontró diferencia significativa entre grupos, sin embargo, se consideró analizar los percentiles en los que se encontraron los animales en relación a su peso y edad a partir de lo publicado por Bolaños M. y cols. 2013, donde se puede categorizar a los animales en desnutrición (<p3), delgadez (p3-p10), eutrófico (p10-p90), sobrepeso (p90-p97) y obesidad (>p97) [15]. Encontramos que en las primeras 7 S hay diferencia significativa en el promedio de percentiles, mayor en el grupo H (obesidad) que en los grupos C (eutrófico), CHF (eutrófico) y HHF (eutrófico). Por otro lado el grupo H se encontró en percentiles >97, indicador de obesidad, esto comprueba que de acuerdo a la edad y peso de los animales el grupo H con mayor aporte energético por gramo de alimento desarrolló obesidad. Estudios previos reportan el uso de dietas altas en hidratos de carbono, donde se utiliza sacarosa o fructosa, en periodos de 2 a 21 S, produciendo, obesidad y cambios en triglicéridos, glucosa e insulina, principalmente [16].

Se observó que la dieta hiperenergética favoreció el incremento de peso, ubicando a los animales de este grupo en obesidad, no así a los animales HHF, los que se mantuvieron eutróficos, por lo que la HF, podría ayudar a regular el aumento de peso en animales con dieta alta en energía.

Consumo de agua, excreción de orina y heces

Los datos indican que respecto al consumo de agua, en las primeras 2 S el grupo con dieta H tuvo una menor ingesta en relación al grupo control, sin embargo en las siguientes semanas no se encontró

diferencia significativa entre grupos, mientras que en excreción de orina, no hubo cambios entre grupos en el periodo analizado (7s). Un estudio donde se evaluó el uso de dieta alta en grasa, dieta alta en grasa y fructosa (como es nuestro caso) y una dieta alta en grasa y glucosa, durante 20 S reportó que la ingesta de líquido disminuyó, por parte de los grupos con dieta alta en grasa y dieta alta en grasa y fructosa en relación al control, lo que coincide con nuestros resultados, no se reportó la excreción de orina [14]. Por otro lado, la excreción de heces en los grupos C y CHF aumentó al comparar con los grupos H y HHF, considerando las características de la composición de las dietas hiperenergéticas y que parte de los elementos que contienen, entre ellos fructosa y manteca de cerdo, que no aportan fibra a la dieta [16], esto podría favorecer y explicar que los animales con H disminuyan su excreción de heces. En cuanto a la cuantificación de heces en dieta, en estudios donde se evalúa el efecto de la dieta en parámetros metabólicos, colectan heces para analizar cambios en microbiota o contenido nutrimental en heces, mas no cuantifican estas[17]. Es importante la cuantificación de heces a partir de diferentes dietas, ya que un exceso o disminución en las mismas puede asociarse con alteraciones metabólicas como la deficiencia en la absorción de nutrimentos.

Tejido adiposo

Los datos obtenidos respecto a la cantidad de tejido adiposo analizado por RM, indican que la inclusión de HF en la dieta H, previene la acumulación de tejido adiposo visceral y subcutáneo. El uso de técnicas no invasivas como la RM y tomografía computarizada, son una opción para el análisis de cambios en composición corporal en los animales. En un estudio donde se evaluó el desarrollo de un modelo con esteatohepatitis no alcohólica a partir de dieta hiperenergética con diferente composición por 8 y 16 S, la cantidad de tejido adiposo por tomografía computarizada, arrojó que los ratones con dieta alta en grasa, dieta alta en grasa y fructosa o glucosa mostraron mayor adiposidad en comparación con dieta adicionadas solo con fructosa o glucosa [18]. Lo anterior, coincide con nuestros resultados, indicando que la combinación de grasa y fructosa en un modelo con dieta de mayor densidad energética favorece el incremento de tejido adiposo, ya que en esta investigación, H tuvo mayor cantidad del mismo. Estudios previos reportan el uso de RM como una técnica no invasiva en animales vivos para analizar la cantidad de tejido adiposo y el estado de órganos como hígado y páncreas [18,19]. Por otro lado, la distribución del tejido adiposo, principalmente cuando aumenta la grasa visceral, está relacionada con resistencia a la insulina, diabetes, hipertensión, dislipidemia, inflamación y riesgo cardiovascular[2].

En este estudio se encontró que a pesar de no haber diferencia significativa en peso, la acumulación de tejido adiposo es mayor en el grupo H y menor en HHF, lo que sugiere que el consumo de HF protege de la acumulación de tejido adiposo, previniendo las alteraciones relacionadas con ello.

Curva de tolerancia a la glucosa

Respecto a la curva de tolerancia a la glucosa, encontramos que en el primer bloque, H presentó los valores más altos en la curva siendo significativamente diferentes con C y CHF a los 30 y 60min. Un estudio donde se generó un modelo de esteatohepatitis no alcohólica a partir de diferentes dietas, llevo a cabo una curva de tolerancia a la glucosa a las 8 y 16 S, encontrando que a las 8 S la dieta alta en grasa, presentó valores más altos en comparación con las demás dietas (control, alta en grasa y fructosa/glucosa, alta en fructosa y alta en glucosa), mientras que a las 16 S las dietas tanto alta en grasa y alta en grasa y fructosa mantuvieron valores elevados en la curva, al compararse con las demás dietas [18],esto coincide con nuestros resultados, donde al combinar una dieta alta en grasa y fructosa, los niveles de glucosa en la curva son mayores que el resto de los grupos.

Parámetros sanguíneos después de la eutanasia.

Al analizar las muestras de suero, no se encontraron diferencias entre grupos. En un estudio, donde se evaluó el efecto de la inclusión de HF en un modelo con dieta obesogénica en condiciones de alimentación restringida (consumo de alimento por 7hras/día) durante 8S, se observó que los grupos con inclusión de HF (dieta control con HF y dieta obesogénica con HF) presentaron valores menores

de glucosa al compararse con sus controles. Además se mostró que la dieta obesogénica con HF presentó disminución en triglicéridos contra el de dieta obesogénica[8], contrastando con nuestros resultados. Las dietas combinadas donde se adicionan tanto hidratos de carbono como lípidos, son más similares a la dieta humana pero tienden a ser más variadas con duración de 4 a 48 S y no siempre se presenta obesidad considerando el peso, pero sí se generan alteraciones en parámetros bioquímicos como glucosa y triglicéridos [16].

Los resultados de este proyecto nos sugieren que la HF puede ser un alimento funcional con valor nutritivo y efecto protector sobre el aumento de peso y acumulación de tejido adiposo visceral y subcutáneo, relacionado con obesidad en animales experimentales.

Referencias bibliográficas

1. Shamah-Levy T, Vielma-Orozco E, Heredia-Hernández O, Romero-Martínez M, Mojica-Cuevas J, Cuevas-Nasu L, Santaella-Castell JA, Rivera-Dommarco J. (2020). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: Resultados Nacionales.* Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
2. Bala C, Craciun AE, Hancu N. (2016). *Updating the concept of metabolically healthy obesity.* Acta endocrinológica (Bucarest), 12 (2), pp.197-205. doi:10.4183/aeb.2016.197
3. Organización Mundial de la Salud (OMS).(2017).*10 datos sobre la obesidad.* Disponible en: https://www.who.int/features/factfiles/obesity/es/.
4. Villalobos Arámbula VM & Santaella J. (2019). *Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria 2019.* Diciembre, 04, 2020, de INEGI y Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Sitio web: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/rrdp_ena2019.pdf
5. Linares E, Bye R, Ortega N & Arce AE. (2017). *Quelites:Sabores y Saberes, Del Sureste Del Estado de México.* Ciudad de México, México. 1° edición. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. pp 1-92.
6. Santiago-Saenz YO, Hernández-Fuentes AD, López-Palestina CU, Garrido-Cauich JH, Alatorre-Cruz JM & Monroy-Torres R. (2019). *Nutritional importance and biological activity of bioactive compounds from quelites consumed in Mexico.* Revista Chilena de Nutrición. Vol.46. pp 593-605. DOI:10.4067/S0717-75182019000500593.
7. Martinez Zavala M, Mora Avilés MA, Anaya Loyola MA, Guzmán Maldonado H, Aguilera Barreiro A, Blanco Labra A & García Gasca T. (2016). *Common Bean Leaves as a Source of Dietary Iron.* Plant Foods for Human Nutrition, Vol. , pp1-6.
8. Becerril Campos A A, Luna Moreno A D, García GascaT & Ahumada Solórzano SM. (2018).*Prevención del riesgo metabólico en un modelo in vivo con el consumo de quínoa roja (Chenopodium Berlandieri Spp. Nuttalliae) y hoja de frijol (Phaseolus Vulgaris)*. Revista de la Conferencia Científica Anual sobre síndrome metabólico, 4, pp. 38-39.
9. Sánchez Almaraz R, Fuentes MM, Milla SP, Plaza BL, Bermejo López LM & Candela CG. *Indicaciones de diferentes tipos de fibra en distintas patologías.* (2015). Nutrición Hospitalaria, 3, pp 2372-2383. DOI: 10.3305/nh.2015.31.6.9023
10. Narro Robles J, Meljem Moctezuma J, Kuri Morales PA, et al.(2016). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 (ENSANUT MC 2016)*. Diciembre, 04, 2020, de ENSANUT. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf. Accessed October 15, 2018.
11. García Rojas García Piña C & Luna Moreno AD. (2020). *Efecto de la restricción de alimento y la hoja de frijol sobre elementos del reloj circadiano en un modelo de obesidad*.Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. pp. 1-43.
12. Mateos-Maces L, Chávez-Servia JL, Vera-Guzmán AM, Aquino-Bolaños EN, Alba-Jiménez JE & Villagómez-González BB. (2020). *Edible Leafy Plants from Mexico as Sources of Antioxidant Compounds, and Their Nutritional, Nutraceutical and Antimicrobial Potential: A Review*. Antioxidants, 9 (6), pp 1-24. DOI:10.3390/antiox9060541
13. Díaz Urbina D, Escartín Pérez RE, López Alonso VE & Mancilla Díaz JM. (2018). *Efectos de una dieta con alto contenido de grasas sobre patrones conductuales alimentarios.* Acta Colombiana de Psicología, 21, pp 95-105. DOI:10.14718/ACP.2018.21.1.5
14. Moreno-Fernández S, Garcés-Rimón M, Vera G, Astier J, Landrier JF, Miguel M. (2018). *High fat/high glucose diet induces metabolic syndrome in an experimental rat model.* Nutrients,10 (10), pp.1-15. DOI:10.3390/nu10101502
15. Cossio-Bolaños M, Gómez Campos R, Vargas Vitoria R, Hochmuller Fogaça RT & Arruda M. (2013). *Curvas de referencia para valorar el crecimiento físico de ratas machos Wistar.* Nutrición Hospitalaria 28(6) pp.2151-2156. DOI:10.3305/nh.2013.28.6.6659
16. Machado S, Rocha NBR, Veras AB, Budde H & Rodríguez EM. (2017). *Temas Selectos en Neurobiología Molecular e Integrativa.* Yucatán, México. 1ª edición. Ed. Anáhuac Mayab. pp 89-123.

17. Do MH, Lee E, Oh MJ, Kim Y, Park HY. (2018). *High-glucose or-fructose diet cause changes of the gut microbiota and metabolic disorders in mice without body weight change. Nutrients*, 10(6), pp.1-14. DOI:10.3390/nu10060761
18. Liu XJ, Duan NN, Liu C, Niu C, Liu XP & Wu J. (2018). *Characterization of a murine nonalcoholic steatohepatitis model induced by high fat high calorie diet plus fructose and glucose in drinking water. Laboratory Investigation*, 98(9), pp.1184-1199. DOI:10.1038/s41374-018-0074-z
19. Hwang, JH. & Choi, CS. (2015). *Use of in vivo Magnetic resonance spectroscopy for studying metabolic diseases.* Experimental & Molecular Medicine, 47, pp. 1-8. DOI:10.1038/emm.201

“PREVALENCIA DE HÁBITOS ERGONÓMICOS EN CONDUCTORES UNIVERSITARIOS UAQ”.

AUTORES

1) Parra Barrón Ileana Saray
   - Universidad Autónoma de Querétaro
   - Correo electrónico: ileansy9576@gmail.com
2) Rentería Reyes Rebeca
   - Universidad Autónoma de Querétaro
   - Correo electrónico: reberenteria_11@hotmail.com
3) Rivas Esquivel Rosaura
   - Universidad Autónoma de Querétaro
   - Correo electrónico: rosaura.221290@gmail.com
4) Rodríguez González José Rodolfo
   - Universidad Autónoma de Querétaro
   - Correo electrónico: eftrodorodriguez@gmail.com

ASESORES

1) Nadia Edith García Medina
   - Universidad Autónoma de Querétaro
   - Correo electrónico: nadiagar27@yahoo.com
2) Verónica Hernández Valle
   - Universidad Autónoma de Querétaro
   - Correo electrónico: vhv.informacion@gmail.com

RESUMEN

OBJETIVO: Determinar la prevalencia de factores de riesgo ergonómico (enfocado al espacio y seguridad dentro de un habitáculo) en conductores universitarios de las licenciaturas en Fisioterapia y Educación Física, Campus Corregidora. **TIPO DE ESTUDIO:** Descriptivo, observacional, cuantitativo, prolectivo, de temporalidad prospectiva con diseño transversal, con la prueba de x2 de Karl Pearson, $\sigma = \leq 0.05$, índice de confianza del 95%. **METODOLOGÍA:** Muestra no probabilística por conveniencia de 65 alumnos conductores; se eliminaron 15 al no cumplir con los criterios determinados. El periodo comprendió los meses desde agosto hasta diciembre de 2019. Se analizó la postura dentro del carro, se midió con cinta métrica la distancia entre cabeza y reposacabezas, volante y cuerpo, y altura del asiento. Se tomó una fotografía que se analizó con el software Kinovea para obtener los ángulos de rodilla, cadera y codo. Los resultados se compararon con la literatura a través de SPSS. **RESULTADOS:** Existe significancia estadística en las variables: altura del asiento inicial VS final, x2: 42.733 y p: 0.0; ángulo de rodilla inicial VS final, x2: 17.562 y p: 0.0; distancia cuerpo volante inicial VS final, x2: 1 y p: 0.02. **CONCLUSIÓN:** Es importante la ergonomía vial y la intervención fisioterapéutica enfocada en la prevención. Con ellas se aminoraría la incidencia de lesiones musculo-esqueléticas, riesgos asociados con accidentes de tránsito y nivel de repercusión, gracias a la concientización, y modificando con mayor facilidad los malos hábitos ergonómicos que exterioricen.

SUMMARY

OBJECTIVE: To determine the prevalence of ergonomic risk factors (focused in space and security inside a cabin) in university drivers of the degrees in Physiotherapy and Physical Education, from the Corregidora Campus. **TYPE OF STUDY:** Descriptive, observational, quantitative, prolective, prospective temporality with cross-sectional design, with the Karl Pearson x2 test, $\sigma = \leq 0.05$, 95% confidence index. **METHODOLOGY:** Non-probabilistic convenience sample of 65 student drivers; 15 were eliminated due to they did not meet the determined

criteria. The term covered the months since August until December 2019. The position inside the car was analyzed, it was obtained the distance between head and headrest, steering wheel and body, and the seat height by using a measuring tape. A photograph was taken that was analyzed by the Kinovea software to obtain the knee, hip and elbow angles. The results were compared with the literature through SPSS. **RESULTS:** There is statistical significance in the variables: initial VS final seat height, x2: 42.733 and p: 0.0; initial VS final knee angle, x2: 17.562 and p: 0.0; initial VS final flying body distance, x2: 1 and p: 0.02. **CONCLUSION:** Road ergonomics and physiotherapeutic intervention focused on prevention are important. These could help to reduce the incidence of musculoskeletal injuries, risks associated with traffic accidents and level of repercussion, thanks to the awareness, and by easily modifying bad ergonomic habits that show up.

PALABRAS CLAVE:
Fisioterapia, vehículo, ergonomía, postura, factor de riesgo.

KEYWORDS:
Physiotherapy, vehicle, ergonomics, posture, risk factor.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los riesgos ergonómicos representan una parte considerable de la morbilidad, que deriva en enfermedades crónicas: 37% de todos los casos obedece a lumbalgias y cervicalgías. (Fárez Matailo & Rosales Cárdenas, 2018).

Son pocos los conductores que mantienen una adecuada postura a la hora de manejar, si se somete el cuerpo a tensión, puede provocar problemas de salud a corto y medio plazo. (Fisioterapia Salud y Bienestar, s. f.).

Un estudio realizado por Niosh en 2012 sobre la información antropométrica de los choferes de camiones de carga en los Estados Unidos, muestra que se debe mejorar el diseño de las cabinas, al observar que son poco ergonómicas para los que manejan, ya que esto puede traer riesgos para el chofer y el automovilista. (González-Cortés, 2017).

Durante una búsqueda no sistematizada, con respecto a los factores de riesgo, que genera una mala postura ergonómica al conducir un automóvil; no se encontró ningún artículo con información relevante en México. Según London (2015) una mala ergonomía favorece que los conductores de automóviles desencadenen lesiones músculo-esqueléticas, como dolor en la región cervical y lumbar, dolor en el trayecto del nervio ciático, imperfecciones vertebrales, entre otras; conjuntamente, generan un alto impacto en la funcionalidad de las personas produciendo discapacidad laboral. (London, 2015).

Se debe considerar que las estadísticas muestran que parte importante de la población es conductora de automóviles: en 2017 se registraron en total 30, 636,542 automóviles en circulación de los estados de la República Mexicana, observando que el Estado de México es el lugar donde más carros existen con un total de 5, 490,768. Querétaro cuenta con un total de 485,701 automóviles. (INEGI, 2017).

De acuerdo con las estadísticas presentadas, en el municipio de Querétaro, en el año 2018, de 292 accidentes registrados en medios de transporte, 203 fueron provocados por automóviles, principalmente la marca Chevrolet. (Secretaría de Seguridad Ciudadana, 2019).

Este estudio se llevó a cabo para analizar el riesgo ergonómico en una población muestra y establecer los criterios a evaluar y posteriormente realizarlo en poblaciones más grandes y con mayor factor de riesgo.

Teniendo como objetivos:

- Identificar la prevalencia de hábitos ergonómicos en conductores universitarios UAQ.
- Determinar características antropométricas de la población de estudio y la adaptación de éstas al habitáculo.
- Identificar en el manual del automóvil la información ergonómica adecuada y completa para el conductor.

Se plantea como pregunta de investigación: ¿Cuál es la prevalencia de hábitos ergonómicos en conductores universitarios UAQ?

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo, observacional, transversal, prospectivo y prolectivo con análisis de variables cuantitativas y cualitativas con la prueba de chi cuadrada de Karl Pearson y un valor de sigma ≤ 0.05 con un índice de confianza del 95%.

El estudio realizado se llevó a cabo en un total de 50 participantes estudiantes de la facultad de enfermería de la UAQ campus Corregidora, de los cuales el 24% pertenecen a la Licenciatura en Educación Física y 76% de la Licenciatura en Fisioterapia. Del total de participantes, 5 no completaron todas las fases del protocolo por decisión propia o por no contar con automóvil como al inicio de la investigación.

Se realizó de la siguiente manera:

a) Se buscó información acerca de los accidentes de tránsito, se investigó también si existían artículos científicos, donde hablara de la postura correcta que una persona debe mantener al manejar y evitar lesiones músculo-esqueléticas. Se siente solicitó información en las oficinas de tránsito del Estado de Querétaro para conocer datos acerca del número total de vehículos, cantidad de accidentes y las principales causas, así como las vialidades principales, etc

b) Se acudió a la licenciatura de Fisioterapia y Educación Física, se solicitaron las listas de todos los alumnos en los semestres de primero a octavo.

c) Se visitó a cada salón para explicar en qué consistía el proyecto y pedir los datos de toda aquella persona que estaba interesado en participar.

d) Se realizó un pilotaje aleatorio, en 7 participantes de ambas licenciaturas, siendo el 10% de la población inicial, con el objetivo de considerar el tiempo específico al realizar los cuestionarios, y prevenir dificultades técnicas al momento de la recolección de información metodológica real.

De esa manera se identificó la distancia adecuada para la toma de fotografías, lo que permitió recolectar información visual más útil. Esta se llevó a cabo en el estacionamiento del campus Corregidora de la Universidad Autónoma de Querétaro.

e) Se acordó con el total de los participantes una cita para las fases de obtención de datos. Se les pidió que llevaran su manual del conductor.

f) El día establecido se pidió el manual del conductor para verificar si existe el apartado de seguridad y si menciona la postura correcta para manejar (Anexo 4), se le dio al participante la carta de consentimiento informado para dar a conocer los beneficios de la investigación, la manera en que se recabarían los datos y que no implicaría riesgo alguno al llevarse a cabo (Anexo 5), se les dio el cuestionario para que lo contestaran (Anexo 2).

g) Se pactó una segunda reunión con el total de los participantes y se les informó que acudieran con ropa que permitiera observar adecuadamente los puntos de referencia óseos.

h) El día del encuentro, se colocaron, las etiquetas verdes, en el lóbulo de la oreja, acromion, codo, muñeca, cadera, rodilla y tobillo del hemicuerpo izquierdo; se midió con la cinta métrica del centro de la cabeza al reposacabezas, del volante al cuerpo, altura del asiento e inclinación de tronco; se tomó una fotografía inicial a 1.30 metros de separación del carro y 85 centímetros de altura con un flexómetro para la colocación de la cámara, posteriormente se le pidió al participante manejar su vehículo y regresar al mismo punto; se tomó una segunda fotografía a 1.30 metros de separación del carro y 85 centímetros de altura para colocación de la cámara con el flexómetro, y medir una segunda vez con la cinta métrica del centro de la cabeza al reposacabezas, del volante al cuerpo, altura del asiento e inclinación de tronco. Se realizó un segundo cuestionario para conocer si usan lentes, manejan con sueño, si utilizan el celular al manejar, etc. Con esto se da por terminada la prueba. (Anexo 3)

i) Las fotografías de todos los participantes, se subieron a una carpeta en drive y se analizaron con el software Kinovea (Anexo 1), donde se obtuvo la medida del ángulo de flexión del brazo,

la flexión de rodilla, el ángulo de la cadera y el ángulo de cuello.

j) Se comparó cada resultado obtenido con la postura correcta que marca la literatura, a través de gráficas que se realizaron en el programa Excel.

k) Se efectuó el análisis estadístico con el programa SPSS para conocer la frecuencia y porcentaje de las variables y su relación entre éstas, así mismo, la significancia en las mediciones de los participantes.

l) Se realizó un manual, entregado a cada participante, como retroalimentación, el cual contiene recomendaciones de las medidas que se deben tener al manejar.

RESULTADOS

El estudio realizado se llevó a cabo en un total de 50 participantes estudiantes de la facultad de enfermería de la UAQ campus Corregidora, de los cuales el 24% pertenecen a la Licenciatura en Educación Física y 76% de la Licenciatura en Fisioterapia. Del total de participantes, 5 no completaron todas las fases del protocolo por decisión propia o por ya no contar con automóvil como al inicio de la investigación.

El 50% (25) de los participantes fueron del sexo femenino y el otro 50% (25) del sexo masculino. La edad de los participantes se encuentra distribuida de la siguiente manera:

La estatura de los participantes oscila entre los 1.50 m y 1.90 m, lo cual podría parecer un dato poco significativo, sin embargo, de acuerdo a la bibliografía consultada, la altura de las personas influye mucho en la postura que va a adoptar al momento de conducir su automóvil. Sumado a este factor también identificamos que los participantes no consideran qué auto es el más idóneo de acuerdo a sus medidas antropométricas.

Para determinar si en nuestro estudio existe prevalencia, realizamos la siguiente tabla que analiza los principales hábitos que tienen los estudiantes al conducir:

En la tabla se muestran los principales hábitos relacionados con conducir, observamos que, si existe una prevalencia de malos hábitos en los conductores universitarios, ya que en 8 de las 14 categorías principales se muestra el mayor porcentaje de la población presenta un mal hábito a la hora de conducir.

PREVALENCIA DE HÁBITOS ERGONÓMICOS				
Hábito	**Descripción**	**Frecuencia**	**Porcentaje**	**Prevalencia**
¿Cuenta con licencia de conducir?	Sí	48	96%	El 96% de la población cuenta con licencia de manejo, por esa razón NO hay prevalencia de un mal hábito ergonómico.
	No	2	4%	
¿Cómo aprendiste a manejar?	Familiar, amigo, conocido	43	86%	El 86% de los estudiantes han aprendido a conducir por medio de un familiar, amigo o conocido, por ello SI existe prevalencia de un mal hábito ergonómico, lo ideal sería aprender por medio de una escuela o academia de manejo.
	Academia de manejo	8	16%	
	Ambos	1	2%	
	Sí	26	52%	
¿Accidentes automovilísticos?	No	24	48%	Si existe prevalencia de riesgo ergonómico porque el 52% ya han tenido accidentes viales. Sin embargo, habría que analizar la situación entre los implicados en el accidente.
¿Fue tu culpa?	Sí	10	20%	No existe prevalencia sobre este hábito, ya que la población menciona que no fue su culpa, sin embargo, queda un poco inespecífica esta variable, ya que habría que analizar si realmente no fue su culpa.
	No	16	32%	
	NA	24	48%	
¿Utiliza adecuadamente el cinturón de seguridad?	Sí	23	46%	Si existe prevalencia de un mal hábito, ya que menos del 50% utiliza bien el cinturón de seguridad.
	No	22	44%	
¿Presenta lesiones músculo-esqueléticas frecuentemente?	Sí	19	38%	No existe prevalencia de lesiones musculo-esqueléticas
	No	31	62%	
¿Utiliza lentes al conducir?	Sí	20	40%	No existe prevalencia de hábitos, según
	No	25	50%	

				los datos mostrados, sin embargo, esta variable es un poco subjetiva, ya que habría que considerar a las personas que necesitan lentes y no los usan.
¿Utiliza gafas de sol al conducir?	Sí	22	44%	Si existe prevalencia de un mal hábito, ya que no utilizan gafas de sol cuando deben usarlas.
	No	23	50%	
¿Usa el celular al conducir?	Sí	37	74%	Si existe una prevalencia de mal hábito, porque el 74% lo utiliza al momento de conducir.
	No	8	16%	
¿Cómo lo utiliza?	Bluetooth	16	40%	Si existe prevalencia, ya que los que mencionaron que usaban el celular lo hacían con contacto directo o con auriculares, los cuales restringen tu atención total que debería de estar dedicada a conducir.
	Auriculares	4	10%	
	Contacto directo	20	50%	
¿Maneja con sueño?	Sí	28	56%	Si existe prevalencia ya que el 56% maneja con sueño.
	No	17	34%	
¿Cuánto tiempo al dia maneja aproximadamente?	≤1 hr.	17	34%	Si existe prevalencia ya que más del 50% maneja una hora o más.
	>1 - ≤2 hrs.	18	36%	
	>2 - ≤3 hrs.	12	24%	
¿Con qué frecuencia conduce con sueño?	1-2 días	21	42%	Si existe prevalencia ya que el 48% conducen 3 días o más con sueño.
	3 o más días	24	48%	
¿Has leído tu manual del conductor?	Sí	19	38%	Si existe prevalencia de un mal hábito ya que el 62% de los participantes no han leído su manual del conductor.
	No	31	62%	

Fuente. Elaborado por los autores.

De acuerdo a la tabla anterior sí existe prevalencia de malos hábitos ergonómicos en nuestra población de estudio.

Se realizó también un análisis estadístico relacionando entre sí algunas variables, sin embargo, en ellas no se encontró significancia estadística, pero se obtuvieron datos muy relevantes que se muestra en las siguientes tablas:

ALTURA DEL ASIENTO INICIAL VS FINAL					
Altura del asiento inicial					
		No esperado		Esperado	
		%	FR	%	FR
Altura del asiento final	No esperado	84%	42	0%	0
	Esperado	2%	1	14%	7

Fuente. Elaborado por los autores.

Encontrándose una asociación estadísticamente significativa (chi2 = 42.733, gl=1, p= 0.00).

ÁNGULO DE RODILLA INICIAL VS FINAL					
Ángulo de rodilla inicial					
		No esperado		Esperado	
		%	FR	%	FR
Ángulo rodilla final	No esperado	22%	11	18%	9
	Esperado	2%	1	58%	29

Fuente. Elaborado por los autores.

Encontrándose una asociación estadísticamente significativa (chi2 = 17.562, gl=1, p= 0.00).

DISTANCIA CUERPO-VOLANTE INICIAL VS FINAL					
Distancia cuerpo-volante inicial					
		No esperado		Esperado	
		%	FR	%	FR
Distancia cuerpo volante final	No esperado	98%	49	0%	0
	Esperado	0%	0	2%	1

Fuente. Elaborado por los autores.

Encontrándose una asociación estadísticamente significativa (chi2 = 1, gl=1, p= 0.020).

De igual modo, se efectuó un análisis estadístico relacionando algunas de las variables, sin embargo, no se encontró significancia estadística, pero sí se obtuvieron datos relevantes que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

RELACIÓN DE VARIABLES		
Variable	**Medición**	**Interpretación**
Estatura	**Ángulo de rodilla**	El 60% (30) de los participantes presentaron un rango del 95°-135° como lo recomienda la literatura. Los rangos de estatura con mayor frecuencia son del 22% (11) de 1.61m-1.70m., y del 20% (10) de 1.71m-1.80m.
	Ángulo de codo	Solo el 2% (1) cumple con los 45° de flexión de codo y se encuentra en el rango de estatura de 1.71m-1.80m. Sin embargo el 38% (19) de los participantes, se halla en un rango del 0-45°, siendo el 18% (9) con un rango de estatura de 1.71m-1.80m., el de mayor incidencia.
	Flexión de tronco	Solo el 2% (1) cumple con los 90° de flexión de tronco en el rango de estatura de 1.50m-1.60m. Sin embargo el 74% (37) presenta ≥91°, con un rango de estatura de 1.61m-1.70m. 26% (13) el de mayor incidencia.
	Distancia cabeza-reposacabezas	El 8% (4) de los participantes, presentaron la distancia recomendada por la literatura de 4cm., correspondiente al 4% (2) en un rango de estatura de 1.61m-1.70m. y 1.71m-1.80m. Respectivamente. Sin embargo, el 66% (33) presentó una distancia ≥5cm.
	Distancia cuerpo-volante	El 2% (1) presentó la distancia recomendada de 25cm. Con un rango de estatura de 1.61m-1.70m. Por otra parte, es importante señalar que ninguno de los participantes presentó una medición menor a ésta y, el 88% (44) presentó una medición ≥26 cm. Con un 32% (16) en el rango de 1.71m-1.80m., el de mayor incidencia.
	Altura del asiento	El 16% (8) presentó la distancia recomendada de 30cm. Con un 6% (3) en el rango de estatura de 1.71m-1.80m. Sin embargo, el 36% (18) presentó una distancia ≤29cm. Siendo el rango de 1.71m-1.80m. Con un 16% (8) el de mayor incidencia.

Fuente: Elaborado por los autores.

Variable I	Variable II	Interpretación
Sexo	**¿Cómo aprendiste a manejar?**	El 50% (25) de hombres y el 36% (18) de mujeres aprendieron a conducir por medio de un familiar, amigo o conocido; mientras que el 12% (6) de mujeres lo hicieron por medio de escuela de manejo y, solo el 2% (1) mujer aprendió de ambos.
	¿Has tenido accidentes automovilísticos como conductor?	El 30% (15) hombres y 22% (11) mujeres, refieren haber presentado un accidente automovilístico como conductor. Correspondiente al 52% (26) de los participantes.
	¿Has leído el manual de tu automóvil?	Solo el 20% (10) de mujeres y el 18% (9) de hombres, refieren haber leído el manual de su automóvil. El 62% (31) restante, no lo ha hecho.
	¿Padeces lesiones musculo-esqueléticas frecuentemente?	El 22% (11) de hombres y el 16% (8) de mujeres manifiestan presentar lesiones musculo-esqueléticas con frecuencia.
	¿Cuánto tiempo al día manejas aproximadamente?	El 20% (10) de mujeres conducen <1 hr. /d. y el 18% (9) de hombres manejan de 1-2 hrs. /d. Sin embargo, el 36% (18) conducen de 1-2 hrs./d.
	Tipo de transmisión	El 28% (14) de hombres y el 26% (13) de mujeres manejan estándar, mientras que el 22% (11) de hombres y mujeres manejan automático.
	¿Usa el celular al conducir?	El 38% (19) de hombres y el 36% (18) de mujeres refieren usar el teléfono celular al conducir; correspondiente al 74% (37) de los participantes.
	¿Cómo lo utilizas?	El 40% (20) de los participantes, correspondiente al 20% (10) y 20% (10) de hombres y mujeres, refieren
Modelo del automóvil	**El manual ¿Contiene apartado de seguridad?**	El 80% (40) de los manuales sí contiene apartado de seguridad, con un 58% (29) en un rango del 2010-2020, precedido del 22% (11) en un rango del 2000-2010.
	El manual ¿Menciona postura adecuada al conducir?	El 38% (19) de los manuales sí mencionan postura al conducir, con el 28% (14) en un rango del 2010-2020, precedido del 10% (5) en un rango del 2000-2010. Sin embargo es algo austera dicha información.
Marca del automóvil	**El manual ¿contiene apartado de seguridad?**	El 80% (40) de los manuales sí contiene un apartado de seguridad. Los valores más altos corresponden al 22% (11) Nissan, 12% (6) Chevrolet, 8% (4) Toyota y 8% (4) Volkswagen
	El manual ¿Menciona postura adecuada al conducir?	El 52% (26) de los manuales no menciona sobre la postura al conducir. No obstante, el 8% (4) Volkswagen, 6% (3) Seat, 4% (2) Nissan, 4% (2) Chevrolet, 4% (2) Toyota, 4% (2) Pontiac, sí la mencionan.

Fuente: Elaborado por los autores.

DISCUSIÓN

Se ha evaluado, la prevalencia de hábitos ergonómicos en conductores universitarios mediante un cuestionario en donde se pregunta la edad, sexo, peso, estatura, tiempo conduciendo, dificultad en el trámite de licencia, revisión de manual del vehículo, entre otras variables referentes a su experiencia como conductor; asimismo, se realizaron mediciones de la distancia de cabeza al reposacabezas, volante al conductor, altura del asiento y, ángulo de cabeza, brazos, tronco y rodillas al conducir por medio del Software "Kinovea".

Sin embargo, no hay estudios previos en México que sirvan como punto de referencia y/o comparación al respecto; por otra parte, sí hay literatura que sustenta los ángulos recomendados para el caso de codos, tronco y rodillas (CSIC y SA, 2018). De igual manera, encontramos literatura que menciona la distancia recomendada del volante al cuerpo, distancia del reposa cabezas, altura del asiento y la posición del cinturón de seguridad.

Las adaptaciones posturales en sedestación del conductor son variables y cambiantes en función de las características físicas corporales, el espacio dentro del habitáculo y de las tendencias posturales particulares de cada conductor en busca de su bienestar y confort. (Jordá y Meroño, 2006).

Para dar más soporte al estudio, se solicitó información a tránsito del estado de Querétaro para conocer la estadística del año 2018 y 2019 con respecto a la causa, vías, hora, sexo y edad de los conductores accidentados y el tipo de vehículo y marca del mismo (Secretaría de Seguridad Ciudadana, 2019), ya que existe evidencia asociada a las condiciones inadecuadas del conductor que pueden generar accidentes de tránsito de manera significativa y que las lesiones producidas en un accidente sean más graves (Senior y Cabrera, 2013).

Como resultados del estudio comprobamos datos muy relevantes entre los que destacan los siguientes: Jordá y Meroño (2006) refiere que para tener una posición en sedestación eficaz dentro del habitáculo, se necesita un apoyo en las tuberosidades isquiáticas, ligera anteversión pélvica para así generar una lordosis lumbar más marcada en el asiento del conductor y una alineación fisiológica de las curvaturas de la columna vertebral para poder tener mayor estabilidad y equilibrio, ligera flexión de codos al sujetar el volante, distancia no menor a 25 cm. del volante, el reposacabezas a una distancia de 4cm., la banda horizontal del cinturón de seguridad por debajo de las espinas iliacas anterosuperiores y la banda diagonal próximo al hombro sujetando éste y apoyándose de la clavícula; ya que de no ser así, hay una predisposición traumática tras sufrir una colisión. (Gomar, 2002 citado en Jordá y Meroño, 2006). En la medición de flexión de tronco, descubrimos que el 74% (37) presentó un ≥91°; el 50% (25) no se coloca bien la banda diagonal del cinturón de seguridad y el 22% (11) no se coloca la banda horizontal del cinturón de seguridad por debajo de las espinas iliacas anterosuperiores, lo que nos indica que tienen mayor probabilidad de sufrir el "efecto submarino", éste consiste en el desplazamiento del conductor en sentido caudal, deslizándose por debajo de la banda ventral del cinturón de seguridad y quedar atrapados los miembros inferiores tras una colisión brusca. Por otra parte, el 36% (18) presentó una altura del asiento ≤29cm., lo que genera una flexión excesiva de ambas caderas al no tener una buena posición en sedestación, ocasionando que la cabeza femoral no tenga una buena coaptación con el acetábulo y así, acrecienta la probabilidad de una luxación traumática de la cadera por impacto de las rótulas contra el salpicadero del vehículo, fracturas por compresión de los cuerpos vertebrales, etc. Otro dato importante, es que ninguno de los participantes presentó una distancia menor a 25 cm., del cuerpo al volante y el 88% (44) ≥26cm.

A continuación, se muestran las siguientes tablas en donde podemos analizar lo antes mencionado con respecto a la estatura y algunas de las mediciones del estudio.

Banda horizontal inferior a EIAS		
	Frecuencia	%
Si	39	78
No	5	10
NA	1	2
NP	5	10

Fuente. Elaborado por los autores.

Banda diagonal cercana al hombro		
	Frecuencia	%
Si	25	50
No	19	38
NA	1	2
NP	5	10

Fuente. Elaborado por los autores.

Flexión de tronco-estatura					
	1.50-1.60m.	1.61-1.70m.	1.71-1.80m.	1.81-1.90m.	%
90°	1	0	0	0	2
≤89°	0	2	4	1	14
≥91°	10	13	12	2	74
NP	1	2	2	0	10

Fuente: Elaborado por los autores.

Altura del asiento-estatura					
	1.50-1.60m.	1.61-1.70m.	1.71-1.80m.	1.81-1.90m.	%
30cm	2	2	3	1	16
≤29cm	3	5	8	2	36
≥31cm	6	8	5	0	38
NP	1	2	2	0	10

Fuente: Elaborado por los autores.

Distancia cuerpo volante-estatura					
	1.50-1.60m.	1.61-1.70m.	1.71-1.80m.	1.81-1.90m.	%
25cm	0	1	0	0	2
≥26cm	11	14	16	3	88
NP	1	2	2	0	10

Fuente. Elaborado por los autores.

Por lo tanto, sí existe prevalencia de malos hábitos ergonómicos en los estudiantes universitarios, la mayoría de los estudiantes no cumplen con los ángulo y medidas establecidas en su postura en sedestación al conducir, muy pocas personas han leído su manual de conducir, los datos proporcionados por tránsito del estado de Querétaro coinciden con los factores de riesgo que mostró la población de estudio.

Este estudio deja un marco de referencia para muchos aportes no solo a la fisioterapia sino también a la cultura vial de Querétaro y de otras partes del país. El estudio se realizó en una población pequeña, la cual apenas empieza su vida como conductor, pero aun así muestra datos muy relevantes, sería muy interesante llevarlo a poblaciones más grandes o a poblaciones con mayor factor de riesgo como conductores de servicios de transporte privado, conductores de transporte público, etc.

CONCLUSIÓN

La ergonomía se encarga de evaluar el compromiso asociado al tiempo, lugar, postura, repetición, condición ambiental y distribución de espacios, por lo que una alteración de éstos, condiciona a presentar trastornos o lesiones musculoesqueléticas principalmente por una sobrecarga postural.

En la presente investigación, encontramos diversas variables que pueden estar involucradas como factor de riesgo ergonómico y solo en algunas de las mediciones realizadas se encontró significancia estadística. Así mismo, este proyecto nos deja claro que una intervención fisioterapéutica enfocada en la prevención aminoraría la incidencia de lesiones, favoreciendo la accesibilidad de los mandos del habitáculo para así poder evitar cualquier tipo de incidente de tránsito; promoviendo la creación de nuevos proyectos que sirvan como base a otras poblaciones con factores de riesgo ergonómico.

Es importante acentuar que no existen marcas de automóviles mexicanos, por lo que los vehículos que se usan en el país están probados y adaptados a población antropométricamente diferente y, éstos en lugar de que el auto se adapte a los conductores, los conductores son los que se tienen que adaptar al vehículo.

Otro factor destacado en nuestra investigación, es el rango de edad de la población de estudio, quienes estadísticamente, la mayoría se encuentra en el inicio de su vida como conductor, por lo que consideramos de suma importancia la aplicación de programas de prevención enfocado en ergonomía vial, ya que es más eficiente la concientización y se puede modificar con mayor facilidad los malos

hábitos ergonómicos que exterioricen. De esta forma, basándose en el resultado del 86% de la población de estudio que aprende a conducir por amigos, familiares y conocidos, se podrán replicar patrones adecuados de ergonomía e higiene

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boland, D.M., Neufeld, E.V-, Ruddell, J., Dolezal, BA, y Cooper, CB (2016). *Acuerdo inter e intraterrestre de análisis de postura estático mediante una aplicación móvil.* Diario de la ciencia de la terapia física, 28 (12), 3398-3402.doi: 10.1589 / jpts.28.3398.
- Cáceres L., y Palacios F. (2017). *Utilización del software kinovea para evaluar la biomecánica de la marcha en pacientes con hemiparesia por secuela de evento cerebrovascular, que acuden al centro de rehabilitación Luis Vernaza de la ciudad de Guayaquil.* Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 106.
- Fárez M. & Rosales M. (2018). *Factores de riesgo ergonómicos asociados con el desarrollo de lesiones músculo-esqueléticas.* Gobierno autónomo descentralizado de la municipalidad de Cuenca. *Universidad de Cuenca*, 1-75.
- FREMAP. (2017). *Normas básicas sobre ergonomía postural para puestos de conducción de vehículos. Servicio de prevención Universidad de Extremadura*. Recuperado el 16 de mayo de 2020, Extremadura, Badajoz, de: https://www.unex.es/organizacion/serviciosuniversitarios/servicios/servicio_prevencion/informacion_formacion/dipticos/Puestos%20de%20Conduccion%20de%20Vehiculos.pdf
- Gobierno del Estado de Querétaro. (2018). *Trámites y servicios. Querétaro, México*. Obtenido el 30 de septiembre de 2018. Recuperado de: cemer.queretaro.gob.mx/rets/16_detalle_tramite.php?id_tramite=26.
- González Cortés, A. (abril de 2017). *Prévention de risques en santé et sécurité du travail chez les chauffeurs-livreurs dans une compagnie oeuvrant dans le secteur des gaz sous pression. Université de Montréal,* 1-107.
- Gutiérrez R. G., Quintero K., y Suárez M. (2015*). Evaluación ergonómica del puesto de trabajo para conductores de bus tipo hino en la empresa Especiales Condor "Escondor S.A.". Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1-71*.
- INEGI. (2017). *Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.* Recuperado el 2 de octubre de 2018, de: http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6207048598##divFV1006000039#D6207048598
- INEGI. (2017). *Automóviles registrados en circulación. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.* Recuperado el 2 de octubre de: http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6207048598##divFV1011000057#D6207048598
- INEGI. (2017*). Vehículos de motor registrados en circulación (excluye motocicletas). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.* Recuperado el 2 de octubre de 2018 de:http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6207048598##divFV3102001001#D6207048598
- INEGI. (2017). *Vehículos de motor registrados en circulación. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.* Recuperado el 2 de octubre de 2018

de:http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6207048598##divFV6207048973#D6207048598

- Llorca J., Llorca L., y Llorca M. (2015). *Manual de ergonomía aplicada a la prevención de riesgos laborales.* Madrid, España: Pirámide.
- London, B (2015). *de 1° lección: definiciones relativas al conductor y vehículo. Autoescuela London. Zaragoza, España.* Recuperado el 30 de septiembre de 2018 de: http://autoescuelalondon.com/lección/definiciones-relativas-al-conductor-vehículo/
- OIT. (s.f.). La Salud y la Seguridad en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo. Ginebra, Suiza. Recuperado el 29 de 10 de 2018 de: http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm
- SA. (2016). *La mejor postura para un excelente desempeño al conducir. Escuela de choferes Bonao.* Bonao, República Dominicana. Recuperado el 3 de octubre de 2018 de: http://escueladechoferesbonao.com/la-mejor-postura-para-un-exelente-desempeno-al-conducir/
- SA. (2017). *Estadística accidentes de tránsito. Querétaro.* Querétaro, México.
- SA. (2016). *Ergonomía del puesto de conductor. Sólo industriales.* Recuperado el 2 de octubre de 2018, de: https://soloindustriales.com/ergonomia-del-puesto-conductor/de
- Secretaría de Seguridad Ciudadana. (2019). *Accidentes viales en los municipios de Querétaro y Corregidora 2018-2019.* Querétaro, Querétaro, México.

“ Terapia manual instrumentalizada y sus cambios termográficos"

•Nombres y filiaciones de los autores:
Vigueras Becerril, Daniela, Licenciatura en Fisioterapia, Universidad Autónoma de Querétaro. DannyVigueras@gmail.com. **Rosales Hernández, Andrea,** Licenciatura en Fisioterapia, Universidad Autónoma de Querètaro. andyroshe18@gmail.com

•Nombres y filiaciones de los asesores:
M en CE.Chávez Monjarás, Sandra Mariana; Coordinadora de la Licenciatura en Fisioterapia en la Universidad Autónoma de Querétaro. FTsandramonjaras@gmail.com .**Albarran Cruz, Armando Irving;** Universidad Autonoma de Queretaro. Facultad de Ingeneria, Campus San juan del rio. icruz@hspdigital.org. **M. A. Morales Hernandez, Arely Guadalupe;** Coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Rehabilitación en Movimiento Humano. Profesor de la Licenciatura en Fisioterapia en la Universidad Autónoma de Querétaro. arely.morales@uaq.mx.

RESUMEN

Objetivo: Describir los cambios termográficos en sujetos femeninos sanos (S) y con lumbalgia crónica (LC) tras la aplicación de terapia manual instrumentalizada. Material y métodos: Se utilizó una cámara FLIR A310, con resolución de 320 x 240 pixeles y sensibilidad térmica de 0.05°C a 30°C. Se aplicó el protocolo de lumbalgia de la técnica Richelli’s a 10 pacientes en dos regiones corporales (abdominal y lumbar), monitoreando los resultados con termogramas, durante tres momentos: pre-intervención, inmediatamente tras la intervención y 10 minutos después de la intervención. La evaluación e intervención se desarrolló en dos sesiones con un total de 120 imágenes. Analizando los puntos térmicos marcados en los 5 músculos intervenidos. Resultados: Ambos grupos evidenciaron cambios en la temperatura de las zonas intervenidas, el comportamiento de la temperatura de los músculos de la espalda difiere del comportamiento de los músculos evaluados en la parte abdominal. El tejido sano presentó tendencia a elevar su temperatura lo que podría ser un indicador adaptación y termorregulación del mismo. El tejido muscular patológico busco estabilizarse alcanzando temperatura constante. Conclusiones: A través del uso de la termografía, se encontró que posterior a la intervención manual instrumentalizada, en ambos grupos, la técnica de intervención tiende a estabilizar y a elevar la temperatura de los músculos.

SUMMARY

Objective: To describe the thermographic changes in healthy female patients (S) and with chronic low back pain (LC) after the application of instrumentalized manual therapy. Material and methods: A FLIR A310 camera was used, with a resolution of 320 x 240 pixels and a thermal sensitivity of 0.05 °C to 30 °C. Richelli's technique of low back pain was applied to 10 female patients in two corporal regions (abdominal and lumbar), monitoring the results with thermograms, during three moments: pre-intervention, immediately after the intervention and 10 minutes after the intervention. The evaluation and intervention took place in two sessions with a total of 120 images. Prior to the analysis thermal points in the 5 intervened muscles were established. Results: Both groups showed changes in the temperature of the manipulated areas, the temperature behavior of the back muscles differs from the behavior of the muscles evaluated in the abdominal part. Healthy tissue showed a tendency to raise its temperature, which could be an indicator of adaptation and thermoregulation. The pathological muscle tissue sought to stabilize reaching more constant temperatures. Conclusions: Through the use of thermography, we were able to find that after instrumentalized manual intervention, both groups tend to stabilize and raise the temperature of the muscles. Likewise, thermography proved to be a helpful tool that determines temperature changes and serves as a guideline for the assessment of the course of physiotherapeutic intervention.

Palabras clave: Termografía, terapia manual instrumentalizada, fisioterapia.

Keywords: Thermography, instrumentalized manual therapy, physiotherapy.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a estadísticas publicadas por el Instituto Mexicano del Seguro Social (2018) el dolor lumbar es el quinto motivo más común de las visitas al médico, que afecta entre el 60-80% de las personas en sus actividades de la vida diaria y en sus actividades laborales. Afecta tanto a hombres como a mujeres, y tiene mayor incidencia en edades entre los 30 y 50 años; aumentando la prevalencia con la edad. Casi un tercio de las personas que buscan tratamiento para el dolor lumbar han sufrido dolor persistente moderado durante un año después de un episodio agudo.

El abordaje fisioterapéutico de la patología ha cambiado conforme ha evolucionado la profesión, así mismo la denominación de las patologías se han centrado en una clasificación funcional, basado en un modelo de función-disfunción, propio del área fisioterapéutica. De acuerdo a la Clasificación Internacional de la Funcionalidad (CIF), la lumbalgia debe categorizarse como alteración de la función sensorial y de dolor (Jiménez-Tordoya, 2016).

Existe un alto índice de lesiones articulares, musculares y de fatiga percibidas por los fisioterapeutas que recurren a terapia manual como método de tratamiento. Una de las técnicas utilizadas por la fisioterapia para el abordaje de esta patología es la Terapia Manual Instrumentalizada (TMI) también citada en la bibliografía como movilización de tejidos blandos asistida por instrumentos. La TMI pretende disminuir este índice actuando como herramienta ergonómica para el tratamiento de lesiones musculoesqueléticas. Según los informes, el instrumento permite una mayor profundidad de penetración al mismo tiempo que minimiza las fuerzas de compresión en las articulaciones interfalángicas de las manos del fisioterapeuta (Lambert M. et al, 2017). Dentro de los efectos principales de la movilización instrumentada se encuentra el incremento de la cantidad de flujo sanguíneo gracias a los estímulos propiciados por las técnicas manipulativas (Carvajal Fernández, O. et al; 2016). Estos estímulos desencadenan una respuesta en cascada promoviendo la invasión de sangre, nutrientes y fibroblastos a la región que resulta en la deposición de colágeno y eventual maduración del tejido (Davidson CJ, 1997; Gehlsen GM,1999).
Actualmente, aún son escasos los instrumentos de evaluación que permiten de manera simple e inmediata en la práctica clínica reconocer objetivamente los resultados de la terapéutica, y no así la subjetiva, como son los instrumentos para evaluar el dolor.

Una de las herramientas más adecuadas para la medición de la temperatura corporal superficial es la Termografía Infrarroja (TIR). Esta herramienta de imagen permite la visualización de la distribución de la temperatura en la piel y en algunos casos del tejido subyacente en el cuerpo humano, lo cual permite evaluar las respuestas fisiológicas sobretodo por su señalización de la hipertermia (Calin M. et al, 2015). El equipo termográfico tiene la capacidad de detectar los aumentos de temperatura que presentan las zonas anatómicas lesionadas, inflamadas o fatigadas y que son ocasionados por un incremento metabólico que realiza el organismo en el área afectada (Gutiérrez-Vargas R. et al., 2017). Así mismo, es una herramienta de imagen que no genera ningún tipo de radiación sobre las superficies analizadas, es segura, no invasiva, no dolorosa y de bajo costo. Además, ha sido validada por diferentes autores para su aplicación en evaluación musculoesquelética (Morales M. et al, 2011).

El objetivo principal de este estudio fue describir los efectos de la terapia manual y sus correspondientes cambios termográficos, en sujetos con lumbalgia crónica comparándolos con sujetos sanos en las regiones seleccionadas a partir del protocolo establecido por los manuales de Richelli's, así como el análisis del uso de la termografía como instrumento de evaluación para dicha técnica de intervención en el área de fisioterapia.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio :Estudio cuasiexperimental comparativo del tipo antes y después.

Selección de la población: Muestreo por conveniencia. Se eligió el sexo femenino debido a que hay cierto debate en las cuestiones térmicas características de las mujeres, dichas características son reguladas por procesos hormonales durante el ciclo menstrual.

Los criterios de inclusión para la selección de los sujetos fueron:

- Rango de edad de 20 a 59 años.
- Con o sin antecedentes de alteración en la sensación dolorosa en la región lumbar mayor a 6 meses.
- Sexo femenino.

Los criterios de exclusión dictaminados en el protocolo:

- Gestación,
- Post operados,
- Toxicomanías,
- Alteración en la sensación en región lumbar con dolor irradiado,
- Fibromialgia,
- Artritis reumatoide durante las fases iniciales o agudas,
- Razones médicas (contraindicado por especialista),
- Enfermedades infecciosas de la piel,
- Carcinomas,
- Enfermedad de Raynaud.

Los sujetos fueron reclutados por convocatoria abierta, siendo seleccionados los sujetos con rangos de edad entre 18 y 28 años, estudiantes y profesionistas que permanecieran aproximadamente 6 horas en sedestación o posturas prolongadas. Con actividad física moderada y sin toxicomanías. Se les solicitó no ingerir alimentos dos horas previas al estudio ni portar ropa ajustada. Se firmó un consentimiento informado previo a la intervención, el cual fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad.

Materiales

Para el estudio se utilizó una cámara FLIR A310, con una resolución de 320 x 240 pixeles y una sensibilidad térmica de 0.05 a 30 °C.

Para la elaboración de este protocolo se tomaron en cuenta las pautas fundamentales para hacer un buen uso de la termografía en la clínica y el laboratorio (Ring EF., 2012, IACT., 2002): temperatura (20°C $\pm$ 2°C), presión atmosférica (954hPa) y humedad (49%), los cuales permanecieron estables entre el rango dictaminado. El laboratorio contó con la amplitud necesaria para respetar una distancia mínima de al menos 1.2 metros entre la cámara y el sujeto de estudio. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Enfermería campus Corregidora en el laboratorio de la Licenciatura en Fisioterapia de la Universidad Autónoma de Querétaro. Cada imagen se analizó teniendo en cuenta el rango de temperatura de la misma, ajustando la escala no sólo durante la medición sino también para el análisis.

Método

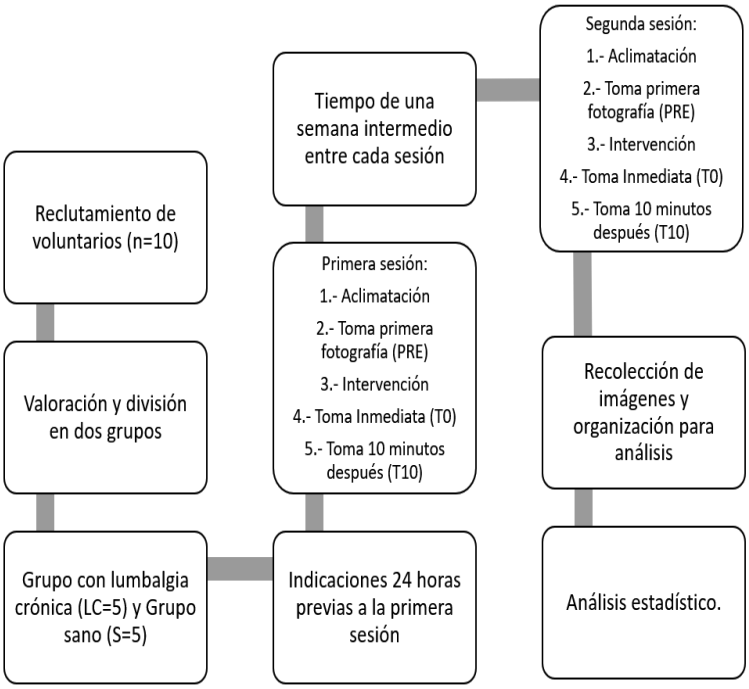


Figura 2. Organigrama que muestra el seguimiento de participantes a lo largo del estudio.

Se notificó a los pacientes 24 horas previas a la intervención sobre la necesidad de controlar las variables de influencia para asegurar que no se presentara ningún factor de interferencia (actividad física o tratamiento físico más reciente, ducha o crema/gel/spray previo, ingestión de alimentos, cafeína y fármacos, consumo de tabaco o alcohol). Estos factores ocasionan fluctuaciones en temperatura central del cuerpo humano, motivo por el cual se controló las variables mediante las restricción de ejercicio el día del estudio, las tomas se realizaron a las 2:00 pm buscando un horario neutro evitando las variaciones del ciclo diurno. Debido al aumento en la temperatura por cuestiones hormonales, el estudio se hizo en mujeres en la mitad del ciclo menstrual.

La evaluación e intervención se desarrolló en dos sesiones con un total de 120 imágenes. En la región abdominal se analizaron 3 regiones correspondientes a los músculos: recto abdominal, oblicuo izquierdo y oblicuo derecho. En la región lumbar se visualizaron 2 músculos: el músculo cuadrado lumbar derecho y el izquierdo. Dado que en esos músculos se realizó la intervención de terapia manual instrumentalizada. Se usó la técnica propuesta por Richelli´s para la aplicación de la movilización profunda de los tejidos. Esta técnica se realiza utilizando dos herramientas elaboradas de polietileno 500 de diferentes tamaños, formas y estilos de bordes. Las diferencias en las herramientas permiten el tratamiento de diversas estructuras anatómicas. El proceso de intervención fue realizado por un sujeto previamente certificado en la técnica manual instrumentalizada. Las herramientas utilizadas para la terapia manual instrumentalizada (Richelli´s) fueron el instrumento Pain Reliever y 3DThumb.



Imagen 1. Herramienta utilizada para la realización de la terapia manual instrumentalizada.

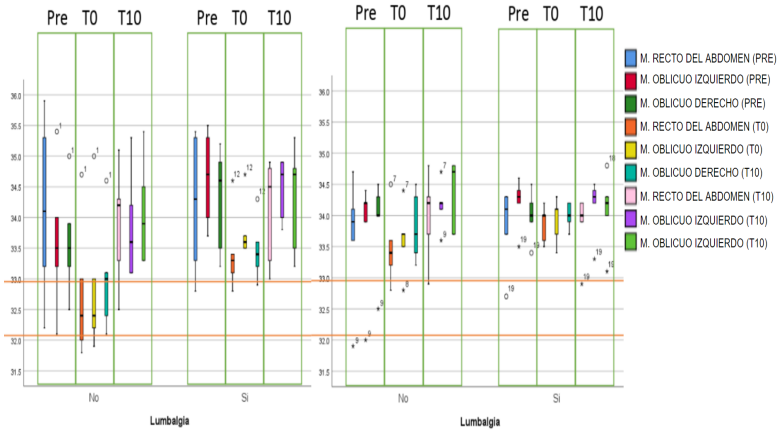
La intervención tuvo como guía el protocolo de lumbalgia establecido por el creador de la técnica Richelli's la cual fue seleccionada para esta investigación. Se llevó a cabo realizando 4 pases, 3 con presión suave y uno con presión profunda respectivamente del peso corporal de los aplicadores de la técnica sobre los cinco músculos descritos anteriormente.

Se utilizó un software de análisis de desarrollo propio para las imágenes termográficas. Se estableció que una diferencia de temperatura mayor a 0.4°C se considera anormal.

RESULTADOS

Se evaluó el comportamiento de la temperatura en 10 sujetos femeninos, los cuales se dividieron en dos grupos. Grupo de sujetos con lumbalgia crónica (LC) (n=5) y Grupo de sujetos sanos (S) (n=5). Para ambos grupos de estudio, la antropometría obtenida fue una media en edad de 23.9 años con un promedio en talla y peso de 157.7 cm,y 56.5 kg con desviación estándar de 8.39. El grupo S manejo las siguiente antropometría la media de edad fue de 24.2 años, con una talla y peso promedio de 158.2 cm y 58.8 kg. Para el grupo LC la media de edad fue de 23.6 años, con una talla y peso promedio de 157 cm y 53.2 kg, respectivamente.

Musculatura abdominal de ambos grupos en ambas sesiones.

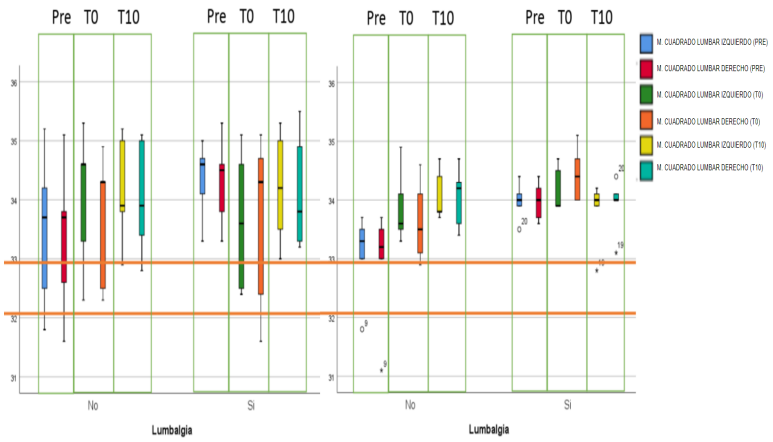


Gráfica 1. Comportamiento de la temperatura en la zona abdominal para ambos grupos. Incluye los tres momentos de las tomas termográficas en ambas sesiones.

Se observa que para el grupo LC la musculatura abdominal inicialmente presenta temperatura mayor en comparación con el grupo S, en ambos grupos la temperatura desciende, sin embargo, el grupo S se encuentra dentro del rango de normalidad. Mientras que el grupo LC permanece en su mayoría por encima de dicho rango, se observa que hay menor variación en el rango de temperatura. Ambos grupos finalizan con un aumento en su temperatura, no obstante es mayor el porcentaje del grupo LC que finaliza con temperatura mayor.

Para la segunda sesión el comportamiento es similar, sin embargo es notorio que los rangos de temperatura se han acortado para ambos grupos. Las temperaturas iniciales para ambos van por encima de la marca de los 33.5°C. En la toma inmediata el grupo LC presenta mayor estabilidad que el grupo S, el cual muestra mayor dispersión y solo un porcentaje pequeño entra dentro del rango de normalidad. En la toma final, ambos grupos siguen la tendencia a aumentar su temperatura. Para el grupo S la temperatura de los sujetos se dispersa, excepto para el oblicuo izquierdo. Para el grupo LC, el grupo muscular termina con temperatura mayor a 34°C, a excepción del músculo recto del abdomen, en donde el 50% de los sujetos termina por debajo de esa marca. De acuerdo a la estadística los promedios de temperatura manejados por el grupo S durante la primera sesión oscilaron en un rango de 32.78°C a 34.14°C en comparación con el grupo LC el cual presenta rangos superiores de 33.8°C a 34.64°C. En la segunda sesión dichos rangos de temperatura se elevaron para el grupo S, mientras que para el grupo LC se amplió dicho rango. En la primera sesión los músculos que alcanzaron mayor estabilidad, de acuerdo con su desviación estándar, fueron el oblicuo derecho en T10 para el grupo S, y el oblicuo izquierdo en T0 para el grupo LC. En la segunda sesión los músculos oblicuo izquierdo en T10 del grupo S y el músculo oblicuo derecho en T0 del grupo LC, son aquellos que tienden a la estabilidad.

Musculatura lumbar de ambos grupos en ambas sesiones.



Gráfica 1. Comportamiento de la temperatura en la zona lumbar para ambos grupos. Incluye los tres momentos de las tomas termográficas en ambas sesiones.

Analizando la musculatura de la espalda en la primera sesión, el grupo S inició con más variaciones de temperatura en comparación con el grupo LC y teniendo un porcentaje mínimo de sujetos por debajo de los rangos de normalidad, además de que el grupo LC presenta una temperatura más elevada que el grupo S. Para la siguiente toma (T0) podemos observar que en ambos grupos, más notorio en el grupo LC, la temperatura se dispersa, incrementando el número de sujetos sanos que sobrepasan el límite alto del rango de normalidad, mientras que el grupo LC introduce un porcentaje de los sujetos de estudio dentro de dicho rango de normalidad. En esta toma, el grupo LC continúa con temperatura mayor que el grupo S. Al final de la primera sesión, ambos grupos ocupan mayor porcentaje de sujetos por debajo de los 35°C. En esta última toma el grupo LC sale de los rangos de normalidad debido a un aumento considerable de la temperatura, no obstante, ambos grupos conservan rangos de temperatura dispersos.

Como primera observación, en la segunda sesión ningún grupo logra colocarse dentro del rango de temperatura normal. Al inicio, el grupo S se encuentra sobre la marca de los 33°C, mientras que el grupo LC se encuentra dentro del rango de los 34°C, y presenta una media simétrica entre ambos

músculos. Posteriormente, ambos grupos elevan su temperatura y aumentan las variaciones entre dichos rangos. En la toma final los cambios que se identifican entre ambos grupos son 1) que el grupo S finaliza con temperatura mayor y con una amplitud de rangos más dispersa que el grupo LC, y 2) el grupo LC logra una estabilidad y casi simetría entre ambos músculos.De manera general podemos constatar que el grupo LC se comportó después de la intervención con temperaturas más constantes. El grupo S presenta temperaturas inferiores al grupo LC, sin embargo en la última toma (T10) finaliza con temperaturas superiores a las presentadas por el grupo LC. Para la primera sesión la temperatura de los músculos del grupo S oscilaron entre los 33.36°C y los 34.16°C, mientras que la temperatura del grupo LC presentó un rango de 33.62°C a 34.34°C. Para la segunda sesión el rango del grupo S descendió en temperatura, por otro lado para el grupo LC la temperatura se elevó mientras que el rango se acotó. Los músculos que alcanzaron mayor estabilidad durante la primera sesión, de acuerdo a su desviación estándar, fue el músculo cuadrado lumbar izquierdo en la toma T10 para ambos grupos. En la segunda sesión el músculo cuadrado lumbar izquierdo en T10 del grupo S y en T0 del grupo LC, son aquellos que tienden a la estabilidad.

Para ambos grupos, el comportamiento de los músculos de la espalda difiere mucho del comportamiento de los músculos evaluados en la parte abdominal, ya que en la zona anterior presentan una curva de aumento, descenso y aumento de nuevo, mientras que en los músculos de la zona de la espalda la tendencia siempre es hacia aumentó.

DISCUSIÓN

El objetivo principal fue describir los cambios termográficos tras la intervención mediante TMI en dos grupos, uno conformado por sujetos sanos (S) y otro conformado por sujetos con lumbalgia crónica (LC). El comportamiento de la temperatura para ambos grupos de estudio mostró diferencias respecto a la zona muscular tratada. Para la musculatura abdominal hubo un comportamiento fluctuante, sin embargo para ambos grupos la temperatura tendió a descender para la toma inmediata mientras que aumentó a los 10 minutos. Por otro lado, para la zona muscular lumbar el comportamiento siguió una línea ascendente en ambos grupos. De lo observado en los resultados, el tejido sano presentó tendencia a elevar su temperatura lo que podría ser un indicador de un incremento de la irrigación en el tejido, como respuesta a la manipulación y a las técnicas de fricción impuestas, buscando la adaptación y termorregulación de este.

De acuerdo con Ring EF & Ammer K la respuesta térmica entre dos zonas corporales contralaterales se espera que sea simétrica, sin embargo a lo largo del estudio no logramos identificar dos músculos con temperatura simétrica. A su vez Marins et. al., establece que cuando existe una elevación mayor a 0.4 ºC, tras alguna técnica de intervención, indica a actuar según un nivel de seguimiento estableciendo que dicho rango de aumento significa una posible señal de alarma, y una elevación superior a 1ºC representaría riesgo potencial de daño al tejido. Al realizar las mediciones identificamos 3 casos específicos con estas características, 2 dentro del grupo LC en el cual un paciente presentaba señales de seguimiento en el músculo cuadrado lumbar izquierdo en la primera sesión para estabilizarse en la segunda sesión manteniendo rangos de normalidad en el tejido muscular. Otro sujeto presentó a su vez señales de seguimiento en el músculo oblicuo izquierdo en la primera sesión (T10), mientras que en la segunda sesión finalizó dentro de los rangos de normalidad. El tercer caso se presentó en el grupo S donde la paciente presentó rangos de temperatura iniciales normales en el músculo cuadrado lumbar izquierdo y posteriormente en T0 presentó señales de seguimiento, sin embargo, en T10 presentó señales de alarma, el mismo caso finalizó la segunda sesión dentro de los parámetros de normalidad.

Dentro del análisis de las variaciones de temperatura, para el comportamiento del grupo de la espalda es sujetos con lumbalgia crónica se observó que en ambas sesiones la temperatura de los músculos lumbares tuvo un rango más definido y menos variado, lo que significa que los sujetos con

patología a pesar de que presentan puntos hipertérmicos dichos puntos son similares en los 5 sujetos de estudio. A su vez, es importante mencionar los beneficios descritos en el estudio piloto de Blanchette et al. (2011), concluyendo que la movilización de tejidos blandos asistida con instrumentos en comparación con la terapia manual resulta con mayores beneficios, en cuanto a tiempo, para el tratamiento del dolor. Los resultados de estudios similares sugieren que esta técnica se califica como efectiva para disminución del dolor y aumento en la función en un periodo de tres meses de tratamiento.

Tomando como referencia que la temperatura normal del músculo entra dentro del rango 32°C-33°C, se puede inferir que sólo un porcentaje pequeño del grupo S cumple con dicha característica, tanto para la musculatura abdominal como la para la lumbar. Por otro lado, el grupo LC, no ingresa a dicho rango, salvo en la primera sesión de la musculatura lumbar justo inmediato al tratamiento. Al-Nakhli et.al., menciona en su investigación sobre fatiga muscular que el daño o la sobrecarga muscular causa una transferencia de calor adicional y continua del músculo a la piel, lo que representaría los puntos hipertérmicos reflejados en las imágenes termográficas, en especial en el grupo LC donde las temperaturas manejadas siempre son mayores al grupo S.

CONCLUSIONES

La termografía infrarroja es una técnica que puede ser aplicada de manera rutinaria ayudando en la detección de desequilibrios térmicos, generados como respuesta a los ajustes fisiológicos del sujeto, los cuales podrían ser indicio de riesgo de lesión y en la monitorización de tratamientos fisioterapéuticos con el fin de determinar objetivos más predecibles y específicos en base a la condición de salud del paciente. Así mismo, esta herramienta interviene en las fases de evaluación y seguimiento del tratamiento fisioterapéutico del paciente, como instrumento guía de la evolución del procedimiento.

Mediante esta técnica se logró favorecer a los sujetos con lumbalgia ya que dicho grupo logró mayor estabilidad de temperatura en los grupos musculares intervenidos, de igual forma los promedios de temperatura para este grupo descendieron. Al finalizar el análisis se observó un acercamiento de los valores del grupo LC a los valores del grupo S. A través del uso de la termografía, se demostró que posterior a la intervención manual instrumentalizada, tanto en sujetos sanos como en sujetos con lumbalgia crónica, la técnica de intervención tiende a estabilizar y a elevar la temperatura de los músculos. De igual manera, se demuestra que la técnica manipulativa mediante este método específico no logra conducir al músculo a la temperatura que se considera como normal.

En base a esto se demuestra la hipótesis de trabajo plateada ya que podemos decir que la terapia manual instrumentalizada con el método Richelli's eleva la temperatura muscular superficial y que la termografía infrarroja sirve como herramienta para cuantificar dichos cambios, además es útil en la localización del músculo específico que pueda estar cursando con un proceso lesivo.
En nuestro caso no hemos analizado la relación entre el dolor y la temperatura de los músculos involucrados. Dadas las diferencias de temperatura evidenciadas, no podemos descartar que el análisis termográfico de estas áreas pueda servir para el diagnóstico de la disfunción muscular lumbar que ocasiona el dolor, sea cual sea su origen.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. A. Movasat Hajkhan, C. Bohórquez Heras, A. Turrión Nieves, M. Álvarez de Mon Soto. *Protocolo diagnóstico del dolor lumbar mecánico.* Elsevier, Medicine,2017,Volumen 12, Issue 26 ,DOI:10.1016/j.med.2017.01.016

2.Al-Nakhli, H.H., Petrofsky, J.S., Laymon, M.S., Berk, L.S. *The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness.* 2012, J. Vis. Exp. (59), e3551, doi:10.3791/3551.

3.ANATOMY AND PHYSIOLOGY, Metabolism and Nutrition, ENERGY AND HEAT BALANCE Anatomy and Physiology by Rice University 2013; 24.6.

4. Blanchette MA, Normand MC. Augmented soft tissue mobilization vs natural history in the treatment of lateral epi- condylitis: a

pilot study. J Manipulative Physiol Ther 2011 Feb; 34(2):123-30.

5. Calin M, Mologhianu G, Savastru R, Calin M, Brailescu C. *A review of the effectiveness of thermal infrared imaging in the diagnosis an monitoring of knee diseases*. Infrared Physics & Technology, ISSN 1350-4495, Vol: 69, Page: 19. doi.org/10.1016/j.infrared.2015.01.013

6. Carvajal Fernández, Óscar; Álvarez Prats, David; Medina i Mirapeix, Francesc; Minaya Muñoz, Francisco. *Efectos de la electrolisis percutánea en el tendón rotuliano sobre la temperatura local y contralateral medida con termografía infrarroja.* Revista Fisioterapia Invasiva 2016;1(1):18-25, www.elsevier.es/refi.

7.Charkoudian N, *Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why.* Mayo Clin Proc. 2003 May;78(5):603-12.

8. *Chudecka, Monika, Lubkowska, Anna. The Use of Thermal Imaging to Evaluate Body Temperature Changes of Athletes During Training and a Study on the Impact of Physiological and Morphological Factors on Skin Temperature.2012; 13 doi:10.2478/v10038-012-0002-9, Human Movement.*

9. Davidson CJ, Ganion LR, Gehlsen GM, Verhoestra B, Roepke JE, Sevier TL. *Rat tendon morphologic and functional changes resulting from soft tissue mobilization.* Med Sci Sports Exerc 1997;29:313–319.

10. Diagnóstico, Tratamiento y Prevención de Lumbalgia Aguda y Crónica en el primer nivel de atención. México: Secretaría de Salud. 2009.

11. Fajardo Ronquillo,*Guía de ejercicios físicos terapéuticos a pacientes con lumbalgia del Recinto San Gabriel del Cantón Daule e la Provincia del Guayas*. 2012, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUI FACULTAD DE EDUCACIÓN FÍSICA DEPORTE Y RECREACIÓN.

12. Fowler S, Wilson JK, Sevier TL. *Innovative approach for th treatment of cumulative trauma disorders*. Work 2000;15:9-14.

13. Gutiérrez-Vargas R, Ugalde-Ramírez JA, Rojas-Valverde D, Salas-Cabrera J, Rodríguez-Montero A, Gutiérrez-Vargas JC. *La termografía infrarroja ¿herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de correr una maratón?* Rev. Fac. Med. 2017;65(4):601-7. Spanish. doi: http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n4.60638.

14. IACT. (2002). *Thermology Guidelines. Standards and protocols in Clinical thermography Imaging*. Retrieved from *http://www.iact-org.org/ professionals/thermog-guidelines.html.*

15. IETSI (2016) Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de Lumbalgia. Guía en Versión Extensa. GPC N°2. Perú.

16.Ivanitsky, G.R., Khizhnyak, E.P., Deev, A.A., & Khizhnyak, L.N. *Thermal imaging in medicine: A comparative study of infrared systems operating in wavelength ranges of 3–5 and 8–12 μm as applied to diagnosis.* 2006,Doklady Biochemistry and Biophysics. 407, 59-63, doi:10.1134/ s1607672906020049 .

17.Jiménez-Tordoya, *Guía metodológica para elaborar el diagnóstico fisioterapéutico según la Clasificación Internacional del Funcionamiento (CIF), de la discapacidad y de la salud*, Gaceta médica Boliviana,Vol 39, No 1 2016.

18. Julie K. Wilson, Thomas. Sevier, Robert Helfst,Eric W. Honing, and Aly Thomann. *Comparison of Rehabilitation Methods in the Treatment of Patellar Tendinitis*. J. Sport Rehabil. 2000;304-314.

19. Lambert, M., Hitchcock, R., Lavallee, K., Hayford, E., Morazzini, R., Wallace, A., Cleland, J. *The effects of instrument-assisted soft tissue mobilization compared to other interventions on pain and function: a systematic review. Physical Therapy Reviews, 2017;22(1-2), 76–85.* doi:10.1080/10833196.2017.1304184

20. M. Ruiz, V. Nadador, J. Fernández-Alcantud, J. Hernández-Salván, I. Riquelme, G. Benito. *Dolor de origen muscular: dolor miofascial y fibromialgia. Rev. Soc. Esp. Dolor 2007. No1: 36-44.*

21. Marins, J.C.B.; Fernández-Cuevas, I.; Arnaiz-Lastras, J.; Fernandes, A.A. y Sillero-Quintana, M. *Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión / Applications of Infrared Thermography in Sports*. 2015 A Review. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 15 (60) pp. 805-824.Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista60/artaplicaciones594.htm

22.Matthew Lambert, Rebecca Hitchcock, Kelly Lavallee, Eric Hayford, Russ Morazzini, Amber Wallace, Dakota Conroy & Josh Cleland (2017): *The effects of instrumentassisted soft tissue mobilization compared to other interventions on pain and function: a systematic review,* Physical Therapy Reviews, DOI: 10.1080/10833196.2017.1304184

23. Miguel Morales Ríos, Emilsy Medina Chacón, Angel Carnevali Fernández, Eber Orozco Guillén. *TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y EL ESTUDIO DE RIESGOS DE LESIONES MÚSCULO ESQUELÉTICAS.* Ingeniería Industrial-Año. 2011;10 No1:55-67.

24. Pennes, H.H. *Analysis of Tissue and Arterial Blood Temperatures in the Resting Human Forearm. 1948* J. Appl. Physiol. 1, 93-122.

25. Peña Sagredo JL, Peña C, Brieva P, Pérez Núñez M, Humbría Mendiola A. *Fisiopatología de la Lumbalgia.* Rev Esp Reumatol 2002;29(10):483-8.

26. Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2001; 8 supl. 2: 43 – 47.

27. Ring EF, Ammer K. *Infrared thermal imaging in medicine*. Mar 2012;33(3):R33-46. doi: 10.1088/0967-3334/33/3/R33. Epub 2012 Feb

28. Sampedro J, Piñonosa S, Fernández I. *La termografía como nueva herramienta de evaluación en baloncesto. Estudio piloto realizado a un jugador profesional de la ACB. Cuadernos de Psicología del Deporte*. 2012;12 (Supl 1):51-6.

29. Suzanne J. Snodgrass, Darren A. Rivett. T*humb Pain in Physiotherapists: Potential Risk Factors and Proposed Prevention Strategies.* Journal of Manual and Manipulative Therapy. 2013 Jul;10(4):206-217

30. Vardasca R, Ring EFJ, Plassmann P, Jones CD. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. Thermology International.

ANEXOS

Tabla de resultados. Temperatura en grados centígrados (°C).

Primera toma																
FOLIO		Antes de la intervención					Inmediatamente después de la intervención					10 minutos después de la intervención				
		ABDOMEN			ESPALDA		ABDOMEN			ESPALDA		ABDOMEN			ESPALDA	
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	L_AR	32.8	34	33.2	34.6	34.6	33.3	33.5	32.9	22.4	21.6	33.3	34	33.5	34.2	33.8
2	L_DV	35.3	35.3	35.2	34.7	34.5	34.6	34.7	34.3	35.1	34.7	34.8	34.9	34.8	35.3	34.9
3	L_KM	34.3	34.7	34.9	34.1	33.8	32.8	33.6	33.6	32.5	32.4	34.5	34.7	35.3	33.5	33.2
4	L_MM	35.4	35.5	34.6	35	35.3	33.4	33.5	33.2	34.6	35.1	34.9	34.9	34.7	35	35.5
5	L_MV	33.3	33.7	33.5	33.3	33.3	33.1	33.7	33.4	33.6	34.3	33	33.8	33.2	33	33.3
6	NL_FB	35.3	35.4	35	35.2	35.1	34.7	35	34.6	35.3	34.9	35.1	35.3	35.4	35.2	35
7	NL_LL	33.2	33.2	33.2	34.2	33.8	33	32.4	33	34.6	34.3	34.3	33.6	33.9	33.8	33.9
8	NL_MP	35.9	33.5	33.5	32.5	32.6	32	32.2	32.4	32.3	32.3	33.3	33.1	33.3	32.9	33.4
9	NL_RM	32.2	32.1	32.5	31.8	31.6	31.8	31.9	32.1	33.3	32.5	32.5	33.1	33.3	33.9	32.8
10	NL_SR	34.1	34	33.9	33.7	33.7	32.4	33	33.1	34.6	34.3	34.2	34.2	34.5	35	35.1
Segunda toma																
		ABDOMEN			ESPALDA		ABDOMEN			ESPALDA		ABDOMEN			ESPALDA	
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	L_AR	34.3	34.3	34.2	34.1	34	34	34.1	33.9	34.5	34.4	34	34.3	34	34	34
2	L_DV	34.1	34.2	34	33.9	33.6	34	34.1	34.2	33.9	34	34.2	34.2	34.3	34.2	34
3	L_KM	34.3	34.6	34.5	34.4	34.2	33.5	33.4	34.2	33.9	34	34.2	34.5	34.8	33.9	34.1
4	L_MM	32.7	33.5	33.4	34	34.4	34.2	34.3	34	34.7	35.1	32.9	33.3	33.1	32.8	33.1
5	L_MV	33.7	34.4	33.9	33.5	33.7	33.6	33.7	33.7	33.9	34.7	33.9	34.4	34.2	34.1	34.4
6	NL_FB	33.9	34.2	34	33.5	33.2	33.4	33.7	33.2	33.5	33.1	33.7	34.2	33.7	33.8	33.4
7	NL_LL	34.1	34.4	34.3	33.7	33.7	34.5	34.4	34.5	34.9	34.6	34.8	34.7	34.8	34.7	34.7
8	NL_MP	34.7	34.2	34.5	33.3	33.5	33.2	32.8	33.4	33.3	33.5	34.3	34.1	34.7	33.7	34.2
9	NL_RM	31.9	32	32.5	31.8	31.1	32.8	33.5	33.7	33.6	32.9	32.9	33.6	33.7	33.8	33.6
10	NL_SR	33.6	33.9	34	33	33	33.6	33.7	34.3	34.1	34.1	34.2	34.2	34.8	34.4	34.3

Análisis de parámetros ATP-III asociados a FTIR para detectar Alzheimer.

Resumen

El objetivo es establecer una comparación de los parámetros ATP III asociados a patrones de infrarrojo para la detección de Alzheimer en una base de datos con 72 pacientes, para ello se efectuará un análisis comparativo retrospectivo de casos y controles en una base de datos de 72 paciente del Centro Geriátrico Sinankay en la ciudad de Qro. clasificándolos con y sin diagnóstico de Síndrome metabólico en base al ATP-III. La presencia de EA fue catalogada con base en los criterios del Test MoCA. y se buscará una subestratificación para lograr una homogeneidad y poder realizar una asociación entre SM y EA a un patrón de infrarrojo.

Palabras clave: Alzheimer, FTIR, ATP-III

Keywords: Alzheimer, FTIR, ATP-III

Introducción

La Enfermedad de Alzheimer (EA), es un padecimiento crónico, neurodegenerativo, progresivo e irreversible (Gutiérrez, 2014; López Rodriguez, 2016), descrita por primera vez en 1906 por el psiquiatra y neuropatólogo alemán Alois Alzheimer (Barragán & Tejeiro, 2019) y es la causa más común de demencia senil en la población de la tercera edad que causan el deterioro en el tiempo de una variedad de funciones cerebrales diferentes, como la memoria, el pensamiento, el reconocimiento y el lenguaje, la planificación y la personalidad generado una discapacidad y dependencia en quienes la padecen,), habiendo aproximadamente 35 millones de casos en todo el mundo (Venigalla et al., 2016). Dado que se sabe que la incidencia de EA aumenta con la edad y que es el factor de riesgo más importante para su desarrollo (Guerreiro & Bras, 2015). Se estima que en 40 años esta cifra se triplicará, incrementándose así los costes sanitarios en todo el mundo, convirtiéndose en un problema de salud pública importante de tratar (Venigalla et al., 2016).

Actualmente no se cuenta con un diagnóstico definitivo de la EA, y para la determinación de los diagnósticos parciales, es necesario realizar extracciones de fluidos corporales de forma invasiva a los pacientes. Hoy en día se utilizan diferentes metodologías para evaluar algunos parámetros en el paciente con EA, uno de ellos es la técnica de espectroscopia por infrarrojo (FTIR), que nos permite analizar suero de los pacientes para detectar proteínas como τ y β-amiloide.

El SM (síndrome metabólico) es un estado asintomático, fisiopatológico caracterizado por la obesidad, resistencia a la insulina, hipertensión, disglucemia, y dislipidemia (Nolan, Carrick-Ranson, Stinear, Reading, & Dalleck, 2017). Su relevancia proviene del hecho de que el SM es un factor de riesgo múltiple de enfermedad cardiovascular aterosclerótica y diabetes tipo 2 (Grundy, 2016).

En la Figura 1 se propone un posible mecanismo de cómo el SM podría incidir en la presencia de deterioro cognitivo y Alzheimer. El síndrome metabólico periférico induce resistencia central a la insulina en el cerebro. La señalización alterada de la insulina resultante, que afecta principalmente a la vía PI3K/Akt, aumenta el procesamiento de APP, niveles de Aβ y la fosforilación de τ. Finalmente, el aumento de Aβ interrumpe aún más la señalización de la insulina para exacerbar la patología de la EA y deterioro cognitivo (Kim & Feldman, 2015).

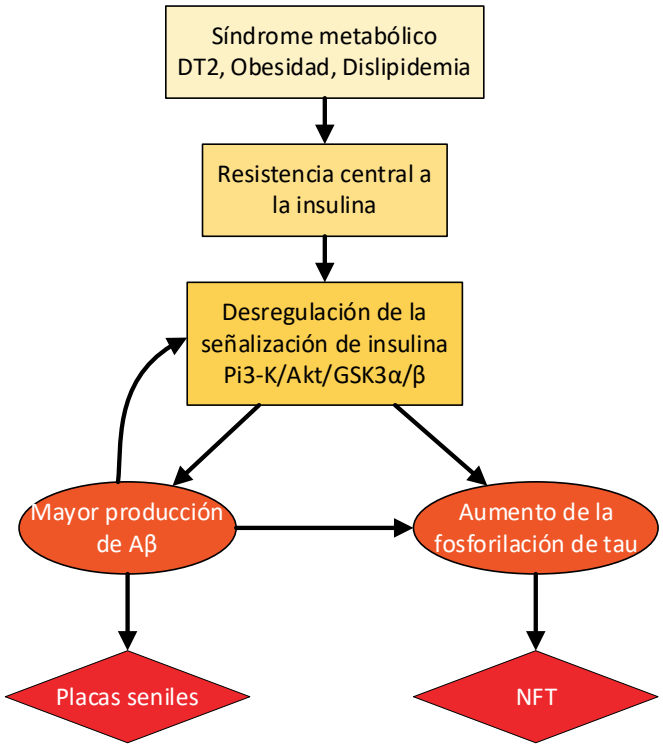


Figura 1. Mecanismo que relaciona el síndrome metabólico y EA Modificado de (Kim & Feldman, 2015)

Debido a la evidencia que relaciona Alzheimer y el SM, el objetivo de este trabajo es relacionar los parámetros de ATP-III con los patrones obtenidos del FTIR, para comprender mejor la relación entre ambas enfermedades.

Metodología

Se efectuará un análisis comparativo retrospectivo de casos y controles en una base de datos de 72 paciente del Centro Geriátrico Sinankay en la ciudad de Qro. clasificándolos con y sin diagnóstico de Síndrome metabólico en base al ATP-III. La presencia de EA fue catalogada con base en los criterios del Test MoCA. y se buscara una subestratificación para lograr una homogeneidad y poder realizar una asociación entre SM y EA a un patrón de infrarrojo.

Se realizaron las mediciones antropométricas y a las muestras de suero se les realizo las pruebas bioquímicas para glucosa, colesterol y triglicéridos. Para el FTIR se realizó un barrido en la región que va desde 4000 a 400 cm^{-1} y se utilizó el algoritmo MSC/ S. GOLAY: 0-2-15. Se utilizaron las muestras que recientemente habían sido liofilizadas y se sometieron al espectrofotómetro.

Ya con todos los resultados se procedió a realizar el análisis estadístico.

Resultados

Los grupos propuestos originalmente se encuentran en la Tabla 1 y se utilizaron los puntos de corte 3 para el test MoCA indicados en la misma.

Tabla 1. Grupos propuestos originalmente

Numero de grupo	Características de pacientes	Puntaje en el test MoCA
1	Pacientes sanos	>21
2	Pacientes con deterioro cognitivo leve	20-14
3	Pacientes con síndrome demencial	<14
4	Pacientes con Enfermedad de Alzheimer	NA

Los resultados promedio de las variables correspondientes a los grupos de la Tabla 1 se encuentran la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos para las variables con base a los grupos propuestos

Variables	Valores patológicos	Grupo 1 (n=36)	Grupo 2 (n=22)	Grupo 3 (n=7)	Grupo 4 (n=6)
Sexo	n/a	F (26) M (10)	F (18) M (4)	F (4) M (3)	F (5) M (1)
Edad (años)	n/a	58 – 82 (~67.7 DE=7.7)	59 – 93 (~71.6 DE=7.9)	68 – 88 (~78 DE=7.8)	86 – 91 (~88.3 DE=2.8)
Puntuación de Test MoCA	n/a	24 (DE=5.2)	17.4 (DE=5.0)	10.42 (DE=5.2)	0

Años de escolaridad	n/a	3.8 (DE=3.3)	1.4 (DE=2.4)	0.57 (DE=2.0)	12.5 (DE=4.0)
Índice de masa corporal (IMC) (Kg/m2)	>30	26.8 (DE=3.8)	27.3 (DE=3.8)	26.1 (DE=3.6)	19.8 (DE=5.0)
Presión sistólica (mmHg)	≥130	134.3 (DE=17.7)	135.9 (DE=17.2)	137.1 (DE=17.8)	101.6 (DE=13.8)
Presión diastólica (mmHg)	≥85	77.2 (DE=9.8)	76.3 (DE=10.1)	74.2 (DE=10.0)	70 (DE=10.0)
Colesterol (mg/dL)	>200	219.5 (DE=60.5)	221.4 (DE=63.3)	183.8 (DE=62.0)	173.5 (DE=36.0)
Col-HDL (mg/dL)	<40	42.56 (DE11.2)	42 (DE=11.6)	42.6 (DE=10.6)	41.9 (DE=13.4)
Col-VLDL (mg/dL)	>45	38.02 (DE=25.5)	41.4 (DE=26.8)	24.5 (DE=25.4)	23.1 (DE=5.8)
Col-LDL (mg/dL)	160	134.03 (DE=45.1)	137.9 (DE=46.8)	116.7 (DE=44.8)	108.4 (DE=29.5)
Glucosa (mg/dL)	≥ 100	112.42 (DE=53.0)	102.8 (DE=52.8)	74.6 (DE=56.0)	78.8 (DE=9.0)
Triglicéridos (mg/dL)	≥ 150	195.5 (DE=1	207.4 (DE=1	122.4 (DE=1	115.5 (DE=
		26.5)	32.9)	27.1)	28.9)

Para la nueva estratificación se utilizaron los de corte del ATP-III que se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen de los criterios diagnósticos del síndrome metabólico

Criterios diagnósticos	NCEP-ATP III
Triglicéridos mayores o igual a 150 mg/dL	X
HDL menos de 40 mg/dl en varones y 50 mg/dL en mujeres	X
Presión arterial mayor de 130/85 mmHg	X
Insulino resistente (IR)	
Glucosa en ayunas mayor a 100 mg/dL	X
Glucosa 2h: 140 mg/Dl	
Obesidad abdominal	X
Índice de masa corporal elevado	
Microalbuminuria	
Factor de riesgo y diagnóstico	Mas de 3

En la Figura 2 se encuentra el grafico de espectros promedio de los grupos propuestos en Tabla 1.

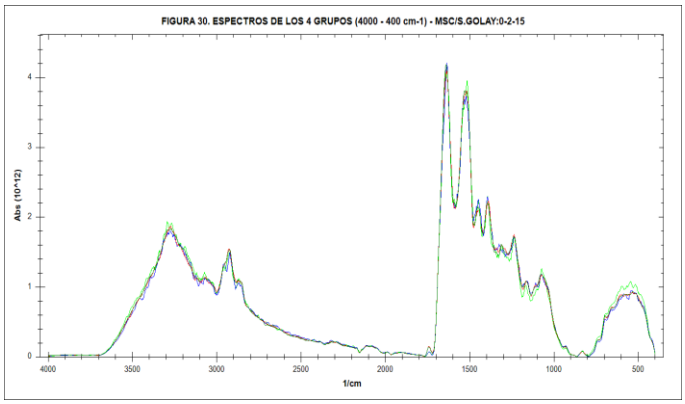


Figura 2. Gráfico de espectros promedio de los 4 grupos propuestos originalmente de muestra de suero en la región 4000 – 400 cm^{-1}.

Lo que falta del proyecto consiste en la creación de nuevos subgrupos con el fin de obtener la homogeneidad entre los mismos tomando en cuenta los criterios del ATP-III y no solo el deterioro cognitivo.

Discusión y conclusiones

Con la finalidad de proporcionar información con significancia y alta potencia estadística, se seleccionaron las variables que presentaron normalidad y homocedasticidad. Estas fueron el col-HDL, la presión sistólica, el IMC y la puntuación del test MoCA.

Con la información que fue estadísticamente más relevante y resultó consistente, se observó una correlación débil entre la puntuación de test MoCA e IMC (r=0.345), Presión sistólica e IMC (r=0.340), MoCA y presión sistólica (r=0.27).

Es posible que se profundice el análisis para definir un punto de corte para el test MoCA en la población evaluada. Las puntuaciones obtenidas fueron las siguientes: una puntuación de 24 (DE=5.2) para pacientes sanos, 17.4 (DE=5.0) para pacientes con DCL, 10.42 (DE=5.2) para pacientes con síndrome demencial, y estuvieron basados en las puntuaciones sugeridas por Lozano Gallego y colaboradores. Hasta el momento no hemos encontrado literatura acerca del uso de este test que se relacione con los resultados de la espectroscopía de infrarrojo FTIR, por lo que consideramos que es una base para futuros estudios, dado que se ha demostrado que el test MoCA tiene un mejor rendimiento que el test más usado MMSE (Gallego Lozano et al., 2009; Julayanont et al., 2015; Loureiro et al., 2018).

Corroboramos que las personas con mayor edad son las que padecen un mayor deterioro, ya que las personas clasificadas con síndrome demencial con base a la puntuación del test MoCA, se encuentran en un intervalo de edades de 86 a 91 años (DE=2.8). Esto concuerda con diversos estudios que consideran a la edad como el mayor factor de riesgo del deterioro cognitivo (Abizanda Soler & Rodríguez Mañas, 2015; Vega-Quintana, Moreno-Cervantes, Prado-Hernández, Luna-Torres, & Torres-Gutiérrez, 2018).

Es posible encontrar variaciones en los espectros considerando los cuatro grupos propuestos, al realizar un promedio de todos los espectros por grupo, obteniendo así solamente un espectro por grupo. De esta forma se observan diferencias claras que no son visibles al incluir cada dato por separado, esto puede deberse a la gran diferencia en número de pacientes por grupo, pero nos da indicios de que efectivamente puede establecerse un modelo que nos permita observar esta diferenciación entre grupos con límites mejor definidos, al incrementar el tamaño de muestra en pacientes con síndrome demencial y la EA, para contar con una mayor cantidad de información y uniformidad en cuanto a tamaño de muestras, por lo que se crearan nuevos subgrupos para lograr la homogeneidad entre los mismos.

No en todos los hallazgos se utilizó el mismo tratamiento o algoritmo de suavizado, esto debido a que se analizaron todas las combinaciones posibles para obtener las imágenes más relevantes. Esto es, el tratamiento que se muestra es en el que se observaron los mejores resultados.

Las diferencias más notables se observaron en la región 897 – 828 cm^{-1}, no hay información detallada acerca de la descripción de esta región; sin embargo, las bandas a números de onda menores a 900 cm^{-1} (que involucra a las regiones 469 – 399 cm^{-1} y 897 – 828 cm^{-1} en las que se encontraron hallazgos) proporcionan información valiosa relacionada con la composición de ácidos nucleicos en la muestra (Sevinc, Yonar, & Severcan, 2015).

A diferencia de otros estudios realizados, las mayores diferencias encontradas en las adquisiciones FTIR fueron observadas en muestras de suero, ya que en plasma no se encontró información relevante. Esto pudo deberse al contenido alto de proteínas que hay en este fluido y la falta de preservación de las mismas durante el proceso de liofilización, los estudios precedentes utilizan el plasma en estado líquido (Paraskevaidi et al., 2018) o bien secado a temperatura ambiente y posteriormente filtrado (Habartová et al., 2019).

Pudimos corroborar que sin duda la espectroscopía FTIR es una excelente herramienta de investigación en biomarcadores que no se enfoca a una sola biomolécula específica, puede analizarse de forma global una muestra, que permita detectar alteraciones en el sistema biológico, es una técnica no destructiva, la cantidad de muestra necesaria es mínima y no requiere de reactivos para llevarse a cabo.

Actualmente se ha concluido que es necesario la creación de subgrupos tomando en cuenta los parámetros del ATP-III con tal de tener una homogeneidad de los grupos en cuestión.

Referencias bibliográficas

Abizanda Soler, P., & Rodríguez Mañas, L. (2015). *Tratado de medicina geriátrica: Fundamentos de la atención sanitaria a los mayores*. Amsterdam; Barcelona: Elsevier Masson.

Gallego Lozano, M., Hernández Ferrándiz, M., Turró Garriga, O., Pericot Nierga, I., López-Pousa, S., & Vilalta Franch, J. (2009). Validación del Montreal Cognitive Assessment (MoCA): Test de cribado para el deterioro cognitivo leve. Datos preliminares. *Alzheimer: Realidades e investigación en demencia*, *43*, 4–11.

Grundy, S. M. (2016). Metabolic syndrome update. *Trends in Cardiovascular Medicine*, *26*(4), 364–373. https://doi.org/10.1016/j.tcm.2015.10.004

Guerreiro, R., & Bras, J. (2015). The age factor in Alzheimer's disease. *Genome Medicine*, *7*(1), 1-3. https://doi.org/10.1186/s13073-015-0232-5

Habartová, L., Hrubešová, K., Syslová, K., Vondroušová, J., Fišar, Z., Jirák, R., … Setnička, V. (2019). Blood-based molecular signature of Alzheimer's disease via spectroscopy and metabolomics. *Clinical Biochemistry*, *72*, 58–63. https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2019.04.004

Julayanont, P., Tangwongchai, S., Hemrungrojn, S., Tunvirachaisakul, C., Phanthumchinda, K., Hongsawat, J., … Nasreddine, Z. S. (2015). The Montreal Cognitive Assessment-Basic: A Screening Tool for Mild Cognitive Impairment in Illiterate and Low-Educated Elderly Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *63*(12), 2550–2554. https://doi.org/10.1111/jgs.13820

Kim, B., & Feldman, E. L. (2015). Insulin resistance as a key link for the increased risk of cognitive impairment in the metabolic syndrome. *Experimental & Molecular Medicine*, *47*(3), e1–e10. https://doi.org/10.1038/emm.2015.3

Loureiro, C. C. de S., García, C., Adana, L., Yacelga, T., Rodríguez Lorenzana, A., & Maruta, C. (2018). Uso del test de evaluación cognitiva de Montreal (MoCA) en América Latina: Revisión sistemática. *Revista de Neurología*, *66*(12), 397–408. https://doi.org/10.33588/rn.6612.2017508

Nolan, P. B., Carrick-Ranson, G., Stinear, J. W., Reading, S. A., & Dalleck, L. C. (2017). Prevalence of metabolic syndrome and metabolic syndrome components in young adults: A pooled analysis. *Preventive Medicine Reports*, *7*, 211–215. https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.07.004

Paraskevaidi, M., Morais, C. L. M., Freitas, D. L. D., Lima, K. M. G., Mann, D. M. A., Allsop, D., … Martin, F. L. (2018). Blood-based near-infrared spectroscopy for the rapid low-cost detection of Alzheimer's disease. *The Analyst*, *143*(24), 1–19. https://doi.org/10.1039/C8AN01205A

Sevinc, A., Yonar, D., & Severcan, F. (2015). Investigation of neurodegenerative diseases from body fluid samples using Fourier transform infrared spectroscopy. *Biomedical Spectroscopy and Imaging*, *4*(4), 341–357. https://doi.org/10.3233/BSI-150123

Vega-Quintana, A., Moreno-Cervantes, C. A., Prado-Hernández, O. A., Luna-Torres, S., & Torres-Gutiérrez, J. L. (2018). Comorbilidad en pacientes mayores de 65 años con demencia. *Medicina Interna de México*, *34*(6), 848–854.

Venigalla, M., Sonego, S., Gyengesi, E., Sharman, M. J., & Münch, G. (2016). Novel promising therapeutics against chronic neuroinflammation and neurodegeneration in Alzheimer's disease. *Neurochemistry International*, *95*, 63–74. https://doi.org/10.1016/j.neuint.2015.10.011

8° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

BLOQUE
CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

ÍNDICE

1 CORTE FOLIAR DE FRIJOL TÉPARI Y EXPRESIÓN DE MOLÉCULAS BIOACTIVAS
Barbara Maria Cabello Ruiz; Teresa García Gasca; Alejandro Blanco Labra; Jorge Luis Chávez Servín; Octavio Roldán Padrón; Ángel Félix Vargas Madriz; Ricardo Cervantes Jiménez

2 EXPANDIDO DE SORGO (SORGHUM BICOLOR L. MOENCH), UNA ALTERNATIVA DE BOTANA SALUDABLE
Fernanda Guadalupe Castro Campos; Ángel Humberto Cabrera Ramírez; Marcela Gaytán Martínez; Eduardo Morales Sánchez

3 BIOCOMPÓSITOS REFORZADOS CON FIBRAS DE JAMAICA PARA BOLSA ECO-AMIGABLE
Andrea Cortés Mendoza; María Angélica Martínez Rubio; Andrea Lilian Atanacio Gelover; Salvador Rocha Solache; Mónica Balvanera Ortuño López; Cynthia Graciela Flores Hernández; Gabriela Pineda Chacón

4 MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE NANOESTRUCTURAS EN LA MARIPOSA MEXICANA
Armando Domínguez García; Ángel de Jesús Velázquez Hernández; Gerardo Vergara García; Flora Mercader Trejo; Raúl Herrera Basurto

5 FORMACIÓN DE COMPLEJOS AMILOSA-LÍPIDOS EN POZOLE
María Fernanda Dorantes Campuzano; Marcela Gaytán Martínez; Natalia Palacios Rojas; Ángel Humberto Cabrera Ramírez

6 BIOACCESIBILIDAD Y BIOSÍNTESIS DE CRONOBIÓTICOS DE PISTACHE
Elisa Dufoo Hurtado; Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña; Abraham Wall Medrano; Rocío Campos Vega

7 PERCEPCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE CONEJO EN LATINOAMÉRICA
Carlos Javier Gudiño Lozano; José Guadalupe Gómez Soto; Tércia Cesária Reis De Souza; KonisgmarEscobar García; Carmen Mejía Vázquez; Laura Eugenia Escobar Salazar; Berenice Flores Tejeda; Paola Jazmín Aranda Vargas

8 UTILIZACIÓN DE MICROALGA EN DIETAS PARA CONEJOS EN ENGORDA
Salvador Helgueros Avila; José Guadalupe Gómez Soto; Tércia Cesária Reis de Souza; Konisgmar Escobar García; José Pablo Morales Anguiano; Paola Jazmín Aranda Vargas; Juan Fernando García Trejo

9 PROTEÍNA DE PAPA Y LA SALUD INTESTINAL DE LECHONES
Teresita de Jesus Hijuitl Valeriano; Tércia Cesária Reis de Souza; Gerardo Mariscal Landín; Konisgmar Escobar García; Araceli Aguilera Barreyro; Samantha Elizabeth Bautista Marín; José Guadalupe Gómez Soto

10 OBTENCIÓN DE HARINAS DE FRIJOL USANDO TECNOLOGÍAS EMERGENTES
Ingrid Italia Lima Becerra; M. Gaytán Martínez; M. Balbuena Alonso; L. Mojica; F. Loarca Piña; E. Morales Sánchez

11 EFECTOS ANTIOBESOGÉNICOS DE ORUJO DE UVA TRATADO CON DIC
Yuridia Martínez Meza; Jara Pérez Jiménez; Maritza Alonzo Macías; Nuria E. Rocha Guzmán; Mario E. Rodríguez García; Rosalía Reynoso Camacho

12 **MECANISMOS DE CRECIMIENTO EN PELÍCULAS DELGADAS DEPOSITADAS QUÍMICAMENTE**
Dulce Xiadani Méndez Santa María; Eduardo Alexander Ordaz Fernández; Verónica Lizet García Arroyo; Mónica Balvanera Ortuño López; Iker Chávez Urbiola; Juan Adrián Pérez Orozco; Juan Martín Yáñez Limón

13 **DISEÑO DE UN VECTOR DE EXPRESIÓN ESPECÍFICA DE BIOLUMINISCENCIA**
Luis Fernando Miranda Tavera; Andrés Cruz Hernández

14 **ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA PARA TRATAR RESIDUOS DE COLORANTES**
Paulina Vivian Negrete Morales; Larissa de la Luz Núñez Rodríguez; Estefanía Campero Romero; Aldo Amaro Reyes

15 **PRODUCCIÓN DE CERVEZA CON BAJO GRADO ALCOHÓLICO POR ELECTROFERMENTACIÓN**
Larissa de la Luz Núñez Rodríguez; D. Marcial Ramírez; P. Negrete Morales; A. Amaro Reyes

16 **BIOACCESIBILIDAD Y BIOACTIVIDAD DEL PISTACHE: IN VITRO E IN SILICO**
María del Rocío Olvera Bautista; Elisa Dufoo Hurtado; Rocío Campos Vega

17 **ANÁLISIS NUTRIMENTAL DE UN RECETARIO MEXICANO DE COCINA DE 1943**
Berenice Pérez Zarazúa; Cynthia Andrea Mendoza Luna; Yair García Plata; Rosa María Martínez Pérez; Jorge Luis Chávez Servín; Aarón Kuri García

18 **IDENTIFICACIÓN DE UNA DETERMINANTE GENÉTICA PARA LA GENOSEROTIPIFICACIÓN DE SALMONELLA**
Iván David Regalado Pineda; Gerardo Manuel Nava Morales

19 **DETERIORO DE LA CARNE DE POLLO EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE QUERÉTARO**
Cinthia Elizabeth Sáenz García; Pilar Castañeda Serrano; Edmundo Mercado Silva; Estela Vázquez Barrios; Gerardo Manuel Nava Morales

20 **CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CHRYSACTINA MEXICANA EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS**
Ricardo Sánchez Castillo; F. Magallán Hernández; M. Queijeiro Bolaños; M. Chavaro Ortiz; A. Cardador Martínez; E. Yahia

21 **ANATOMÍA DE PTERIDOFITAS DEL MUNICIPIO DE QUERÉTARO**
Braulio Zamora Aguilar; Mahinda Martínez y Díaz de Salas

22 **EVALUACIÓN DE ESPERMATOZOIDES OVINOS CRIOPRESERVADOS ADICIONANDO DOSIS REDUCIDAS DE PLASMA SEMINAL BOVINO**
Ana Laura Zarraga González; Héctor Raymundo Vera Ávila; Luis Javier Montiel Olguín; Héctor Jiménez Severiano; Germinal Jorge Cantó Alarcón; Eleazar Pérez Trejo

Corte foliar de frijol Tépari y expresión de moléculas bioactivas.

[1]Bárbara María Cabello Ruiz; [1]Ricardo Cervantes Jiménez; [1]Teresa García Gasca; [2]Alejandro Blanco Labra, [1]Jorge Luis Chávez Servín; [1]Octavio Roldán Padrón, [1]Ángel Félix Vargas Madriz.

Asesores: Ricardo Cervantes Jiménez, ricardo.cervantes@uaq.mx y Teresa García Gasca tggasca@gmail.com

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n. Juriquilla, Querétaro CP 76230, México.

[2]Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato, Guanajuato CP 36821, México.

Resumen

Las plantas han desarrollado muchas estrategias de defensa ante situaciones de estrés de carácter físico, biológico y químico. Algunas de las formas de protección que presentan las plantas es la producción de biomoléculas como proteínas de resistencia o compuestos fenólicos, respondiendo contra diversos tipos de daño o situaciones de estrés biótico y abiótico. El objetivo del trabajo fue determinar si existe aumento en la expresión de biomoléculas como lectinas e inhibidores de proteasa y compuestos fenólicos en plantas de frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*) mediante un corte físico de hoja posterior al llenado de vainas. Se dividieron tres grupos de plantas de frijol Tépari, cuando las plantas se encontraron al 80% de floración, en la fase reproductiva (60% de maduración del grano). Al primer grupo se le cortó el 50% de las hojas, al segundo grupo se le cortó el 80% de hojas, mientras que al grupo control no se le realizó daño mecánico. Posterior a la cosecha se colectaron hojas y las semillas de los tratamientos. Se realizó determinación de proteínas tipo lectina e inhibidores de proteasa en las semillas. Se determinaron compuestos fenólicos en hoja, donde se pudo determinar una disminución de varios compuestos en el tratamiento con 50% de corte foliar y un aumento en el tratamiento a 80% de corte foliar. Para las proteínas de semilla se determinó un incremento en la actividad aglutinante con el daño mecánico al 80% de las hojas, y no se presentaron diferencias significativas en la actividad inhibitoria para tripsina y quimotripsina.

Palabras clave: Frijol Tépari, Lectinas, Inhibidores de proteasa, Proteínas de resistencia, Compuestos fenólicos

Abstract

Plants have developed many defense strategies against physical, biological and chemical stress situations. Some of the forms of protection that plants present is the production of biomolecules such as resistance proteins or phenolic compounds, responding against various types of damage or situations of biotic and abiotic stress. The objective of the work was to determine if there is an increase in the expression of biomolecules such as lectins and protease inhibitors and phenolic compounds in Tepari bean plants (Phaseolus acutifolius) by means of a physical cutting of the leaf after the filling of pods, three groups of plants were divided of Tepari beans (Phaseolus acutifolius). When the plants were at 80% flowering, in the pod filling stage within the reproductive phase (60% grain maturation). The first group had a foliar cut of 50% of the leaves, the second group had a foliar cut of 80% of the leaves, while the control group had no mechanical damage. After the harvest, leaves and seeds of the treatments were collected. Determination of lectin-type proteins and protease inhibitors was carried out in the seeds. Phenolic compounds were determined in the leaf, where a decrease of several compounds could be determined in the treatment with 50% leaf cutting and an increase in the treatment to 80% leaf cutting. For the seed proteins, an increase in the binding activity with mechanical damage to 80% of the leaves could be determined, and there were no

significant differences in the inhibitory activity for trypsin and chymotrypsin.

Keywords: Tepary beans, Lectins, Protease inhibitors, resistance proteins, Phenolic compounds

Introducción

En la naturaleza las plantas están sujetas a múltiples tensiones bióticas y abióticas que generan estrés y pueden afectar su productividad. Han ido desarrollando a través del tiempo varias adaptaciones específicas ante y para enfrentar dichas condiciones ambientales; entre las cuales se encuentran la regulación de un mecanismo complejo tanto celular como molecular (Rehman y col., 2017), incluyendo mecanismos morfológicos, características estructurales, así como compuestos químicos que son sintetizados ante dichas situaciones adversas. Los mecanismos de defensa química pueden variar desde compuestos pequeños de bajo peso molecular llamados metabolitos secundarios a péptidos y proteínas que pueden hacer frente a plagas de insectos (Tsaneva y Van Damme 2020)

Las proteínas son biomoléculas que están conformadas por cadenas de aminoácidos unidas mediante enlaces peptídicos, lo cuales adquieren una estructura tridimensional al plegarse, de esta manera llevan a cabo miles de distintas funciones (Serrano-Cisneros, 2020). Las proteínas relacionadas con la resistencia son inducidas por las plantas en defensa ante el ataque de herbívoros. Entre las proteínas clave en la defensa y resistencia vegetal se encuentran los inhibidores de proteasas (IPs) y las lectinas. Los IPs tienen efectos negativos en la digestión inhibiendo las proteasas digestivas del intestino de los insectos atacantes, o en el caso de ser secretadas por microorganismos; reduciendo así la disponibilidad de aminoácidos indispensables para su crecimiento y desarrollo (Kuwar y col., 2015) Las lectinas a su vez tienen la capacidad de reconocer y de unirse reversiblemente a carbohidratos de membrana (Tsaneva y Van Damme 2020). Y al ser ingeridas por los insectos, interaccionan con proteínas glicosiladas de células del intestino, teniendo efectos negativos en su reproducción, antinutricionales y tóxicos en siguientes generaciones de los insectos que las consumen (Casas-Corredor y col., 2016).

Las leguminosas, representan una fuente importante de compuestos bioactivos (Mojica y Mejía., 2015) como lo son IPs en las semillas y lectinas también en mayor forma en granos y semillas de leguminosas (Cervantes-Jiménez, 2016).

El frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*) pertenece a la familia de las leguminosas (*Fabaceae*) y es una especie poco común, es decir poco utilizada. Es una planta anual que alcanza su madurez entre 60 y 80 días después de su geminación, por lo que es de ciclo corto. Presenta una gran resistencia a la sequía, climas cálidos, adaptabilidad a concentraciones altas de sal y resistencia a muchas enfermedades (Martínez-Alarcón, 2017). El frijol Tépari es una leguminosa rica en compuestos fenólicos y péptidos que inhiben a las enzimas encargadas de la digestión de carbohidratos como lo son las α-amilasa y α-glucosidasa, además de las lipasas, que son responsables de la degradación de triglicéridos (Valencia-Mejía y col., 2019). En la actualidad el frijol Tépari ha recibido una atención especial por las propiedades vegetales importantes antes mencionadas y como posible tratamiento alternativo ante patologías como el cáncer en la inducción de apoptosis en células malignas y/o como mejora en la productividad de las plantas ante patógenos utilizando los genes de resistencia para estudiar en cultivos transgénicos (Rehman y col., 2017)

Metodología

Se realizó la obtención de las semillas de frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*) fueron obtenidas en la comunidad de Arizpe en Hermosillo Sonora, (30°19′ 51.96″ N, 110° 10′ 04.36″ O). La germinación y cultivo de las semillas se realizó en la comunidad de Concá, municipio de Arroyo Seco, Qro. Ubicado en las coordenadas 21° 26’ 05.7”, de latitud norte y 99° 38’ 22.0” longitud oeste, presentando una altitud de 520 msnm.

Las plantas fueron divididas en tres grupos mediante bloques al azar con tres repeticiones. Cuando las plantas tuvieron el 100% de su follaje vegetativo y el 100% del llenado de vainas, al primer grupo de plantas se le realizó daño mecánico foliar al 50% de las hojas; al segundo grupo se le realizó daño mecánico foliar al 80% de las hojas, y al tercer grupo de denominó control, al cual no se le realizó ningún tipo de daño mecánico. El daño mecánico consistió de dos o tres cortes en la superficie de la hoja sin retirarla de la planta como se muestra a continuación.



Figura 1. Ejemplo de daño mecánico realizado a las hojas de la plata de frijol Tépari

Los tres grupos se mantuvieron en las mismas condiciones de riego, luz y sombra. Cuando la planta se encontró al 80% de su etapa de maduración, es decir se encontró un 80% de vainas secas (coloración amarilla o pigmentada) y un 20% de vainas frescas (a un 60% de maduración del grano) se realizó la cosecha de semillas y se colectaron muestras foliar.

- Los compuestos fenólicos totales se determinaron espectrofotométricamente de acuerdo con el método de Folin-Ciocalteu.
- Los flavonoides totales se determinaron por el método colorimétrico del cloruro de aluminio.
- Los taninos condensados se determinaron por el método de vainillina.
- La determinación de antocianinas se realizó por pH diferencial
- Los nitratos se determinaron utilizando nitrato y nitrito de sodio.
- La capacidad antioxidante se determinó mediante dos radicales, DPPH y ABTS en equivalentes de trolox

Se realizó la extracción de lectinas e IPs de las semillas de frijol para la realización del perfil electroforético SDS PAGE en geles de poliacrilamida al 10%. La cantidad de proteína total en la fracción se determinó previamente con el método de Bradford (1976).

Para la identificación de glicoproteínas se corrió una electroforesis en gel de poliacilamiada al 10%. Y se tiño con la técnica de tinción de Schiff (Sigma-Aldrich) ácido peryódico (PASS). Marcando en violeta la presencia de glicoproteínas.

La determinación de la actividad aglutinante se realizó mediante el método descrito por (Jaffé, 1980)

Para la actividad inhibitoria se realizó a partir de la fracción LIP-60 se determinó la actividad inhibitoria del IP contra tripsina bovina y quimotripsina bovina con el sustrato respectivo *N*-benzoil-arginina-etil-ester (BAEE), *N*-benzoil-arginina-*p*-nitroanillida (BA*p*NA)

Para el zimograma de inhibición se utilizó tripsina bovina 20mg/mL por 1h, pH 8

Resultados

Compuestos fenólicos totales en hoja de frijol Tépari

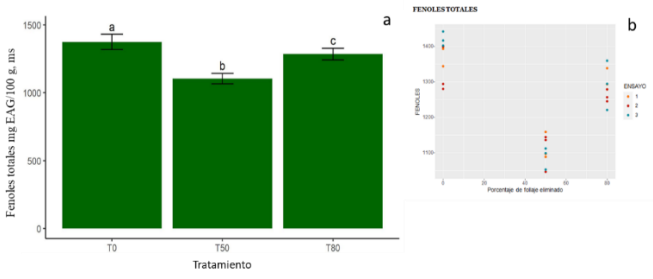


Figura 1. Determinación de compuestos fenólicos totales de hoja de frijol Tépari. a) Se observa diferencias significativas entre los de los dos

tratamientos en relación al control, donde el tratamiento 80% de corte foliar presenta un incremento de fenoles en relación del tratamiento con 50% de corte foliar. b) Se muestran los datos de contenido de fenoles totales en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde el tratamiento 1 (amarillo) (0%) fue el de mayor cantidad de compuestos fenólicos totales y el tratamiento 2 (azul) con menos cantidad de compuestos fenólicos totales.

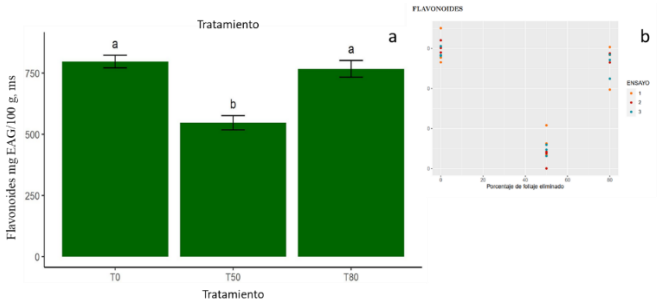


Figura 2. Determinación de Flavonoides. a) Se observa el análisis de flavonoides en los diversos tratamientos de hoja, en donde el tratamiento 80% de corte foliar no presenta diferencias significativas en relación al control, mientras que el tratamiento 50% presenta diferencias significativas y una disminución en la presencia de flavonoides. b) Se muestran los datos de contenido de flavonoides totales en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde el tratamiento 1 (amarillo) (0%) fue el de mayor cantidad de flavonoides totales, seguido del tratamiento 3 (80%), sin embargo, la diferencia es muy poco significativa a simple vista entra estos dos tratamientos y el tratamiento 2 (azul) (50%) significativamente con menor cantidad de flavonoides totales.

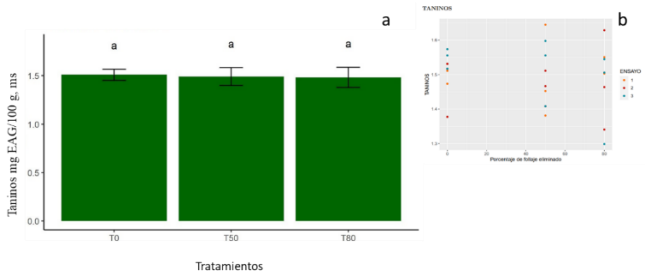


Figura 3. Determinación de taninos condensados. a) En la gráfica se puede apreciar que no existe diferencia significativa en la presencia de taninos condensados de los tratamientos en relación al control. b) Se muestran los datos de contenido de Taninos totales en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde los tres ensayos se muestran muy dispersos lo cual nos indica que hay variabilidad entre ellos, sin embargo, no se ven diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual nos indica que no hay un tratamiento que tenga mayor cantidad de taninos, sino que los tres tratamientos tienen la misma cantidad.

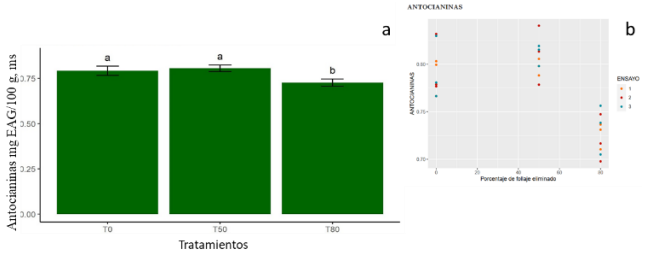


Figura 4. Determinación de antocianinas en hoja de frijol. a) En el gráfico se puede observar diferencias significativas de antocianinas entre el control y el tratamiento a 80% de corte foliar presentando una disminución, mientras que el tratamiento 50% no presentó diferencias significativas. b) Se muestran los datos de contenido de antocianinas totales en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde el tratamiento 2 (rojo) (50%) fue el de mayor cantidad de flavonoides totales, seguido del tratamiento 1 (0%), sin embargo la diferencia es muy poco significativa a simple vista entra estos dos tratamientos y el tratamiento 3 (azul) (80%) significativamente con menor cantidad de flavonoides totales con respecto a los otros dos tratamientos.

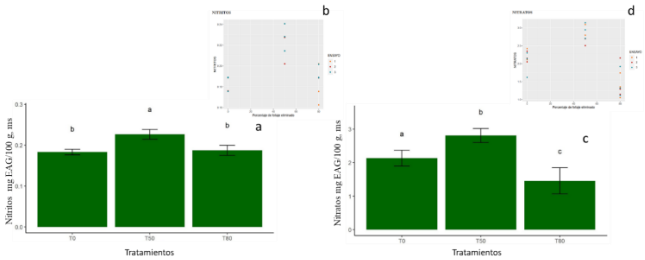


Figura 5. Determinación de nitritos y nitratos en hoja de frijol Tépari. a) y c) Se observa en las gráficas un incremento en la cantidad de nitritos y nitratos para el tratamiento 50% de corte foliar, no presentando diferencias entre el control y el tratamiento 80%. Para los nitratos de observa diferencias significativas entre los tres tratamientos observando un incremento en el tratamiento 50% en relación al control. b) y d) Se muestran los datos de cantidad de nitritos y nitratos en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde el tratamiento 2 (50%) mostró tener mayor cantidad, seguido del tratamiento 3 (80%) y el tratamiento 1 (0%) menor cantidad de nitritos.

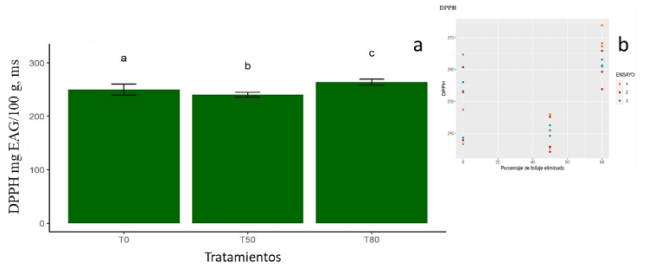


Figura 6. Determinación de DPPH en hoja de frijol Tépari. a) Se pudo determinar que los tratamientos presentan diferencias significativas entre los tres tratamientos, mostrando un ligero incremento en la cuantificación de DPPH para el tratamiento 80% en relación al control y al tratamiento 50%. b) Se muestran los datos de la capacidad antioxidante (DPPH) en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde el tratamiento 3 (80%) mostró tener mayor capacidad antioxidante, seguido del tratamiento 1 (0%) el cual mostró mayor variabilidad entre ensayos y el tratamiento 2 (50%) menos capacidad antioxidante.

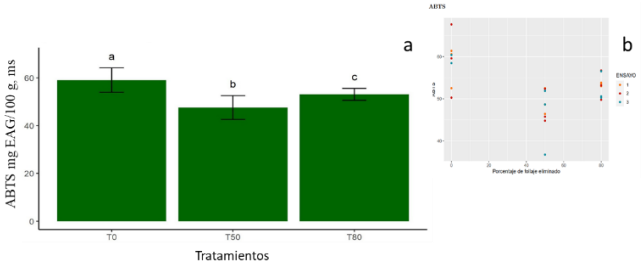


Figura 7. Determinación de TEAC o ABTS en hoja de frijol Tépari. a) Se puede observar que los tratamientos presentan diferencias significativas entre los tratamientos y el control, presentando los dos tratamientos una disminución en la concentración. b) Se muestran los

datos de la capacidad antioxidante (ABTS) en los diferentes tratamientos (0, 50 y 80% de daño mecánico foliar), en los tres ensayos realizados; donde el tratamiento 1 (0%) mostró tener mayor capacidad antioxidante, seguido del tratamiento 3 (80%) y el tratamiento 2 (50%) menos capacidad antioxidante (ABTS).

Análisis de correlación

El análisis de correlación se hizo para determinar que variables de contenido de componentes fenólicos estaban significativamente relacionados entre todos ellos y de qué manera.

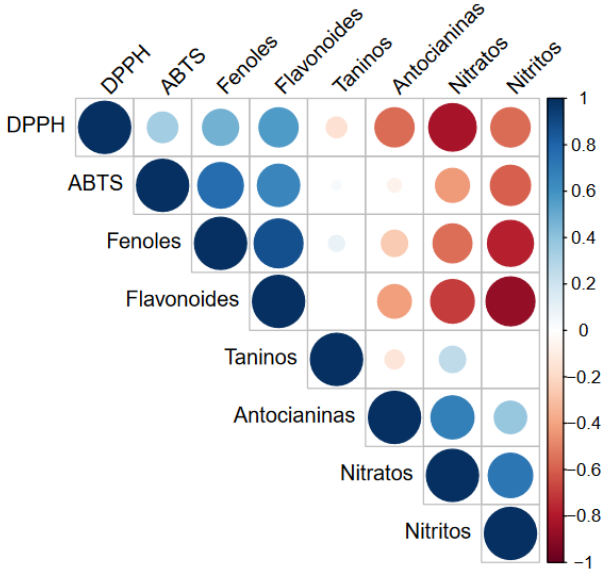


Figura 8. Análisis de correlación del contenido entre los diferentes componentes fenólicos: donde se muestra de que manera todos los componentes fenólicos, nitritos y nitratos se relacionan entre sí. Dependiendo el tamaño del círculo y la intensidad de color, es la correlación que tienen entre ellos y con respecto al gradiente de coloración, de azul a rojo van de ser proporcionales a inversamente proporcionales entre sí, respectivamente.

Los resultados obtenidos para el análisis de moléculas de resistencia en la hoja, arrojaron diversos niveles entre los tratamientos, para el caso de los compuestos fenólicos se observaron diferencias significativas entre el control y el tratamiento 50% de corte foliar, incrementando los niveles de fenoles en el tratamiento 80% de corte foliar, algunos trabajos han descrito que existe incremento en moléculas de resistencia cuando la planta sufre estrés por corte ya sea por insectos, animales o hasta el clima, a su vez se ha descrito que el estrés salino en el suelo puede provocar la transcripción de los genes de nodulación (nod) en Rhizobium al modificar la composición de exudados radicales como compuestos fenólicos, taninos o flavonoides, estos cambios pueden incrementar o disminuir dependiendo el grado de estrés que se pueda generar en la planta.

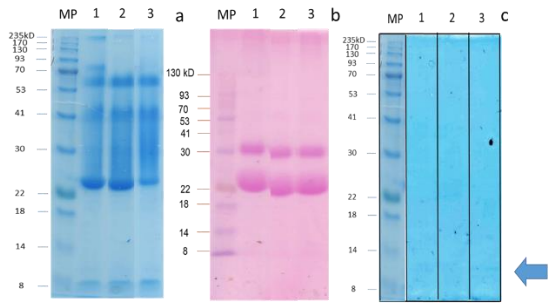


Figura 9. Perfil electroforético SDS-PAGE al 10% de poliacrilamida. Se colocaron 10µl de cada muestra por carril, **MP)** Marcador de peso molecular, **1)** Control **2)** Tratamiento 50% de corte foliar, **3)** Tratamiento 80% de corte foliar. a) SDS PAGE, b) Tinción de PASS, c) Zimograma de inhibición.

Se pudo determinar la presencia de proteínas en los tres tratamientos, cada perfil mostró diversas proteínas que tiñeron para reconocimiento de carbohidratos como se observa en la figura 9, y se realizó zimograma de inhibición para determinar la presencia de inhibidores de proteasa. Estas proteínas se han observado en diversos trabajos (Cervantes 2016; García y col., 2012)



Figura 10. Actividad Aglutinante de los diversos tratamientos. Se puede observar incremento en la actividad aglutinante en los tratamientos 50 y 80%, presentando diferencias significativas en los tres tratamientos.

La presencia de proteínas de resistencia como las lectinas o los inhibidores de proteasas pueden generar estrés en sus depredadores (Moreno 2009) estos compuestos han existido desde hace miles de años y suelen ser tóxicos para sus depredadores, de esta forma se puede describir la coevolución de las especies (Fontúrbel 2002).

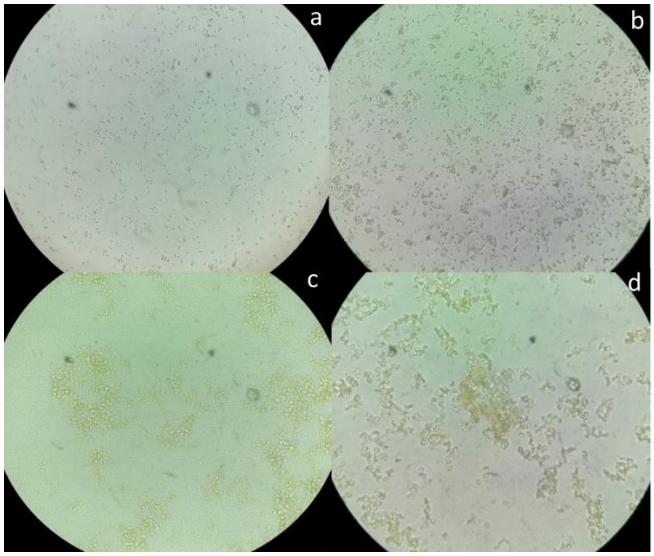


Figura 11. Aglutinación presente en cada tratamiento. a) Eritrocitos control negativo, b) Tratamiento control c) tratamiento 50% de corte foliar, d) tratamiento 80% de corte foliar.

Se pudo determinar un incremento en las unidades aglutinantes en relación al corte foliar, estos resultados no se han reportado con frecuencia, el estrés que pueden sufrir las planta en su hábitat puede influir en un incremento de biomoléculas, hacen falta más estudios para poder describir de mejor forma este proceso.

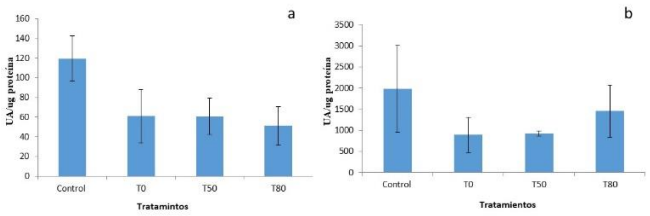


Figura 13. Unidades de actividad enzimática. a) Se puede observar las unidades de actividad enzimática para tripsina, en donde no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos, pero si en relación al control. b) Se puede observar las unidades de actividad enzimática para quimotripsina, en donde de igual manera, no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos, pero si en relación al control.

Discusión y Conclusión

Los resultados presentados en este proyecto indican que el estrés inducido por el daño mecánico foliar posterior al llenado de vina en la planta de frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*) no incrementó significativamente los niveles de compuestos de resistencia en la hoja, mientras que la expresión de proteínas de resistencia, se observó un incremento en las unidades aglutinantes en relación a un mayor daño mecánico foliar. En la actividad inhibitoria no se pudieron observar diferencias significativas en el incremento de la actividad de los inhibidores con respecto al daño mecánico foliar producido.

Los resultados mostraron que el daño mecánico foliar no es un método que induzca una sobreexpresión de moléculas de resistencia en hoja, pero si lo puede ser en proteínas como las lectinas o los inhibidores de proteasa presentes en la semilla.

Referencias bibliográficas

Bradford, N. A. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation microgram quantities of a protein isolated from red cell membranes. Anal Biochem, 72, 248-254. http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Casas Corredor, Z. Y. C., Montaño, E. A. R., & Castro, N. A. V. (2016). LEGUME LECTINS DOMAIN: STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND INSECTISTATIC AND INSECTICIDAL ACTIVITIES. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences (ex Agro-Ciencia), 32(2), 157-169. Recuperado a partir de http://revistasacademicas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/325

Cervantes-Jiménez R. (2016). Caracterización proteínica de una fracción Lectinas-Inhibidor de Proteasas de Frijol Tépari (Phaseolus acutifolius) con potencial anticancerígeno. Tesis de maestría, 51pp.

Fontúrbel, F. (2002). Rol de la coevolución planta–insecto en la evolución de las flores cíclicas en las angiospermas. Ciencia Abierta, 17(11).

Gols, R., van Dam, N. M., Reichelt, M., Gershenzon, J., Raaijmakers, C. E., Bullock, J. M., & Harvey, J. A. (2018). Seasonal and herbivore-induced dynamics of foliar glucosinolates in wild cabbage (Brassica oleracea). *Chemoecology*, *28*(3), 77-89. https://doi.org/10.1007/s00049-018-0258-4

Jaffé, WG. 1980. Hemagglutinins (Lectins). In: Toxic contituents of plant foodstuffs. Lienes I.E. (ed) Academic Press, New York, N.Y. pp. 73-102

Kuwar, S. S., Pauchet, Y., Vogel, H., & Heckel, D. G. (2015). Adaptive regulation of digestive serine proteases in the larval midgut of Helicoverpa armigera in response to a plant protease inhibitor. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 59, 18-29. DOI https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2015.01.016

Martínez Alarcón, D. (2017). Producción de una lectina recombinante de frijol Tépari (phaseolus acutifolius) con efecto citotóxico sobre

células de cáncer de colon (Master's thesis, Tesis (MC)--Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica).

Mojica L, de Mejía EG. 2015. Characterization and Comparison of Protein and Peptide Profiles and their Biological Activities of Improved Common Bean Cultivars (Phaseolus vulgaris L.) from Mexico and Brazil. Plant Foods for Human Nutrition, 70 (2): 105–112. DOI https://doi.org/10.1007/s11130-015-0477-6

Rehman, S., Aziz, E., Akhtar, W., Ilyas, M., & Mahmood, T. (2017). Structural and functional characteristics of plant proteinase inhibitor-II (PI-II) family. Biotechnology letters, 39(5), 647-666.

Serrano Cisneros, M. S. (2020). Elaboración de un concentrado proteico a partir de chía (Salvia hispanica L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados.

Tsaneva, M., & Van Damme, E. J. (2020). 130 years of Plant Lectin Research. *Glycoconjugate Journal*, 1-19.

Valencia-Mejía E, Batista KA, Fernández JA, Fernandes KF. 2019. Antihyperglycemic and hypoglycemic activity of naturally occurring peptides and protein hydrolysates from easy-to-cook and hard-to-cook bean (Phaseolus vulgaris L.). Food Research International 121:238-246 DOI https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.043

Expandido de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), una alternativa de botana saludable

M. en C. Fernanda Guadalupe Castro Campos[1*,] MTA. Ángel Humberto Cabrera Ramírez[2**], Dra. Marcela Gaytán Martínez[1], Dr. Eduardo Morales Sánchez[2]

[1]Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República, Facultad de Química Universidad Autónoma de Querétaro.
[2]Instituto Politécnico Nacional, CICATA-IPN Unidad Querétaro
Email: *fer.castro207@gmail.com
** angel_humbert00@hotmail.com

RESUMEN

Querétaro presenta 70% de obesidad en la población adulta (mayor a 20 años). Dicho padecimiento se ha ligado al consumo de botanas con alto aporte calórico, debido al rito de vida actual, lo que ha llevado a la población al desarrollo obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles. Por tal razón, es necesario el desarrollo de alternativas de consumo que permitan satisfacer las necesidades de alimentación y además puedan tener un efecto benéfico a la salud. Una alternativa es el uso de granos de sorgo en la elaboración de expandidos de cereal, siendo una botana saludable. Por ello, este proyecto buscó obtener y caracterizar una botana saludable a partir de sorgo explotado. Se utilizaron ocho variedades de sorgo, las cuales se caracterizaron física, nutricional y nutracéuticamente. El grano se ajustó a tres niveles de humedad (11, 15 y 20 %) y se explotó a 210 °C con aire caliente. Se evaluó la calidad del sorgo explotado, y las mejores variedades se sometieron a un análisis sensorial. La variedad paloma mostró los mejores atributos volumétricos en el explotado, seguido de las variedades 81g67 y 82g34. Tras el análisis sensorial, se observó que la variedad paloma presentó el mayor agrado general por parte de los panelistas. Finalmente, el sorgo explotado mostró un contenido de proteína del 12%, fibra dietaria de 10-12 % y un contenido de lípidos de 3.5 %. Así mismo, en este estudio se muestra al sorgo como un cereal apto para el explotado, obteniendo una botana saludable con un alto contenido de fibra dietaria, así como la presencia de compuestos fenólicos y una alta capacidad antioxidante.

Palabras clave: Sorghum bicolor; sorgo explotado; botana saludable

ABSTRACT

Querétaro has about 70% of obesity in the adult population (over 20 years). This condition has been linked to snacks with a high caloric intake due to the current life. The above has led the population to develop obesity and chronic non-transmissible diseases. Thus, it is necessary to develop consumption alternatives that allow meeting food needs and positively affect health. An alternative is sorghum grains in the elaboration of expanded cereal, being a healthy snack. Therefore, this project sought to obtain and characterize a healthy snack from popped sorghum. Eight varieties of sorghum were used, which were characterized physically, nutritionally, and nutraceuticals. The grain was adjusted to three humidity levels (11, 15, and 20%) and was popped at 210 °C with hot-air. The quality of the popped sorghum was evaluated, and the best varieties were subjected to sensory analysis. The Paloma variety showed the best volumetric attributes in the popped grain, followed by the 81g67 and 82g34 varieties. After the sensory analysis, it was observed that the Paloma variety presented the highest general liking by the panelists. Finally, the raw sorghum showed a protein content of 12%, dietary fiber of 10-12%, and lipid content of 3.5%. Likewise, in this study, sorghum is shown as a cereal suitable for the popped process, obtaining a healthy snack with a high content of dietary fiber and the presence of phenolic compounds and a high antioxidant capacity.

Keywords: Sorghum bicolor; popped sorghum; healthy snack

1. Introducción

Debido al ritmo actual de vida, aunado a las condiciones de trabajo, la población queretana se ha visto forzada a cambiar sus hábitos alimenticios. Dando como resultado el mayor consumo de alimentos de fácil acceso, como botanas y comida rápida, además de una disminución importante en la actividad física. Dichos factores han tenido un impacto negativo en la salud, como obesidad y el desarrollo de padecimientos crónicos no transmisibles, principalmente diabetes y enfermedades cardiovasculares (ENSANUT, 2018). Para 2019 en el estado de Querétaro se reportó que el 70% de la población adulta padece obesidad, mientras que cerca del 30 % de la población infantil (5-12 años) padecían de sobrepeso y obesidad (Pichardo, 2020). Debido a los altos porcentajes de obesidad en el estado, se requieren alternativas alimenticias que permitan satisfacer la necesidad de alimentación y aporten un efecto benéfico a la salud. En ese sentido, las botanas son uno de los alimentos más asequibles para obtener una saciedad momentánea, sin embargo, las botanas se caracterizan por ser un producto con alto contenido de azucares, carbohidratos. Las palomitas de maíz son una de la botanas más populares alrededor del mundo, las cuales son recomendadas por nutricionistas, como parte de una dieta saludable (Vázquez-Carrillo, Santiago-Ramos y Figueroa-Cárdenas, 2019). Sin embargo, en el mercado existe gran variedad de esta botana, con altos contenidos de grasa, debido a la adición de saborizantes. Dicha botana es obtenida a través de un proceso de expansión, en el cual, el grano de maíz es sometido a periodos cortos de alta temperatura, lo que permite la expansión del endospermo, dando como resultado la formación "palomitas" (Mirza et al., 2015). El uso de aire caliente para la elaboración de botanas, permite que la humedad dentro del grano, sea transformada en vapor; la cual genera presión vapor y dicha presión genera la ruptura del grano (Virot y Ponomarenko 2015). Tal proceso permite que la elaboración de dicha botana sea rápido y económico, así mismo no requiere el uso de aceites o sales añadidas. Este proceso de expansión puede ser utilizado en otros cereales como el sorgo. El sorgo, puede ser una alternativa al uso de maíz palomero (*Zea mays everta*), debido a su composición nutrimental, donde se puede destacar la presencia de fibra dietaria, almidón resistente (Teixeira et al., 2016). Dentro de los compuestos nutraceúticos del sorgo, se han destacado la presencia de compuestos fitoquímicos (Awika, 2004), como son los taninos, ácidos fenólicos, antocianinas y fitoesteroles, los cuales, se ha visto tienen un efecto positivo en la salud humana, funcionando como compuestos bioactivos, ya que dichos compuestos se han relacionado con la reducción del colesterol LDL y triglicéridos en la sangre de los consumidores (Althwab et al., 2015). Así mismo, al almidón resistente del sorgo y los compuestos fenólicos han mostrado ayudar en el sistema de regulación de glucosas sanguínea y la liberación de insulina (Awika, 2004). Cabe destacar que el grano de sorgo, es el quinto más importante a nivel mundial. En año 2019 México fue el cuarto mayor productor con 5 mil toneladas métricas (USDA, 2019), donde se destacan los estados de Tamaulipas y Guanajuato como los mayores productores de sorgo, este último es un estado colindante de Querétaro. Diversos autores han reportado el uso de granos de sorgo en la elaboración de botanas, principalmente en la elaboración de explotados (Llopart y Drago 2016; Mirza et al., 2015; Sharma et al., 2015). Cabrera-Ramírez et al. (2020) reportaron que variedades cultivadas en la región bajío de México, presentan características adecuadas para poder ser utilizadas para la elaboración de explotados mediante aire caliente. Lo anterior muestra a el sorgo como un cereal alto en fibra, así como compuestos fitoquímicos con un gran potencial para hacer frente ante la problemática de salud nacional y el estado de Querétaro. El presente proyecto demuestra la viabilidad de usar el sorgo para obtener una botana saludable a partir del explotado de granos de sorgo, así como su aceptación sensorial por consumidores del estado de Querétaro. Finalmente, se demuestra su composición nutrimental y el potencial nutracéutico de la botana de sorgo explotado.

2. Metodología

2.1 Material biológico

Se utilizaron ocho variedades de sorgo, cinco rojas (81G67, 82G93, 82G34, 8133 y 85P20) adquiridas en DuPont Pioneer. Así mismo se utilizaron tres variedades blancas, 82W21. Paloma y primavera, adquiridas de DuPont Pioneer, INIFAP Tamaulipas y Pénjamo Gto., respectivamente.

2.2 Caracterización física del grano

Se realizó la limpieza y selección del grano. Posteriormente se evaluaron las dimensiones del grano, el peso de mil granos de acuerdo a lo reportado por (Cabrera-Ramírez, 2015). Así mismo, se determinó el peso hectolítrico (método 84-10, AACC, 2000), dureza y esfericidad (Ordoñez, Gely y Pagano, 2012).

2.3 Obtención del sorgo explotado

Siguiendo la metodología descrita por Cabrera-Ramírez et al. (2020) se ajustó el contenido de humedad del grano a 11, 15 y 20 %. Posteriormente, 30g de sorgo (humedad ajustada) se colocaron en una cámara de aire caliente Sunbeam estabilizada a 210 °C con un controlador térmico (Autonics TC4S) y se explotaron por 90 segundos. Este proceso se repitió para cada tratamiento por triplicado.

2.4 Caracterización del sorgo explotado

2.4.1 Atributos del sorgo explotado

Para la evaluación de los atributos de calidad del sorgo explotado, se determinó el volumen de expansión, índice de explotado y rendimiento de explotado. El volumen de explotado se determinó mediante el método de desplazamiento de arena, siguiendo el procedimiento descrito por Cabrera-Ramírez et al. (2020). Para el índice de explotado se dividió el volumen del sorgo explotado sobre el volumen inicial del grano crudo. Mientras que, para el rendimiento de explotado, se contaron el total de granos explotados y no explotados en cada experimento, expresándose en forma porcentual.

2.4.2 Caracterización nutrimental

La caracterización nutrimental del sorgo explotado se realizó en las variedades que mostraron los mejores atributos del explotado, siguiendo los métodos de la AACC (2000). Se evaluó el contenido de humedad (Método 44-01.01), cenizas (Método 08-01.01), proteínas (Método 46.14.03), lípidos (Método 30-10.01), y fibra dietética total (Método 32.05.01). El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia. Así mismo se determinó el contenido de almidón resistente mediante el uso del kit enzimático Megazyme International.

2.4.2 Caracterización nutracéutica

Se preparó un extracto metanólico siguiendo la metodología descrita por (Cabrera-Ramírez, 2015). Se determinó el contenido de fenoles, flavonoides totales, taninos condensados y la capacidad antioxidante por el método de ABTS y DPPH (Cabrera-Ramírez, 2015).

2.5 Evaluación sensorial

Las variedades de sorgo explotado que mostraron el mayor rendimiento e índice de expansión se sometieron a una evaluación sensorial, en la cual participaron 100 panelistas no entrenados, los cuales radican actualmente en la Ciudad de Querétaro y alrededores. Cada uno de los panelistas firmaron una carta de consentimiento informado y que cumplían con los criterios de inclusión.

Así mismo, el procedimiento aplicado para la evaluación sensorial fue aprobado por el comité de bioética Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro con número de autorización CBQ19/031. Los panelistas indicaron la preferencia del producto en una escala hedónica de ocho puntos, dónde la variable de respuesta fue el nivel de agrado general del producto. Siendo 1 “Me disgusta mucho” y 9 para el mayor agrado “Me gusta mucho”

2.6 Diseño experimental y análisis estadísticos

Se usó un diseño factorial (N*M) completamente aleatorio, por triplicado. Se reportó la media más menos la desviación estándar. Se realizó una

ANDEVA de una vía (análisis de varianza) [α= 0.05], con comparación de medias el método de Tukey. La optimización del proceso de explotado fue realizada por el método de superficie respuesta, tomando como criterio maximizar las propiedades de expandido. Los datos del análisis sensorial se analizaron utilizando el mayor puntaje de aceptación entre las muestras seleccionadas comparando mediante la prueba de X^2 (Chi cuadrado); se reportó aquella muestra con mayor aceptación. Todo lo anterior usando el programa R.

3. Resultados y discusiones

3.1 Caracterización física del grano

La caracterización física de las ocho variedades de sorgo crudo se muestra en la Tabla 1. No se observaron diferencias significativas entre variedades respecto al peso hectolítrico, los valores oscilaron de 79 a los 89 kg/hL. Los datos muestras que los sorgos de primera son de calidad acorde a la NMX-FF-037-1994.

Respecto al peso de mil granos, no se observó diferencia estadística entre variedades ($p<0.05$), los valores estuvieron entre 29 a 36.8 g. Este es un parámetro de calidad, que indica la capacidad del grano a generar materia seca, durante su desarrollo, por lo que está asociado con el contenido nutrimental del grano (Preiss, 2017).Respecto a la dureza, se encontró que 82w21 fue la más dura con 84.4 ± 5.3 N y 32g34 la más suave con 60.5 ± 5.4 N. En el caso del maíz, una baja dureza puede indicar una mayor proporción de endospermo harinoso y la presencia de gránulos de mayor tamaño (Narváez González et al., 2007).

Las características físicas del grano determinan la calidad del explotado, en ese sentido, se ha reportado que las dimensiones del grano, así como el peso hectolítrico se correlacionado positivamente con las características volumétricas del explotado (Mishra et al., 2015).

Tabla 1. Caracterización física del grano

Variedad	PH* (kg/hL)	PMG* (g)	Dureza (N)	ED* (%)
Sorgos rojos				
81G67	84.6±0.01^{a}	33.5±1.7^{ab}	73.2±1.0^{abc}	74±2^{a}
82G93	88.1±3.7^{a}	33.2±1.4^{ab}	83.1±8.8^{ab}	76±5^{a}
82G34	87.6±0.1^{a}	31.6±1.1^{ab}	60.5±5.4^{c}	72±5^{a}
8133	84.9±5.8^{a}	36.5±3.8^{a}	68.2±5.7^{bc}	85 ±17^{a}
85P20	86.3±2.3^{a}	36.8±1.6^{a}	70.9±7.8^{abc}	77±6^{a}
Sorgos blancos				
82W21	79.8±3.2^{a}	32.0±1.6^{ab}	84.4±5.3^{a}	73±8^{a}
Paloma	88.7±3.5^{a}	29.0±2.6^{b}	66.4±2.4^{c}	79±2^{a}
Primavera	82.4±3.2^{a}	30.1±1.1^{b}	68.2±5.4^{abc}	79±5^{a}

Se muestra la media ± la desviación estándar de tres mediciones independientes. Letras diferentes entre variedades indican diferencia estadística en el parámetro evaluado. *PH: Peso hectolítrico, PGM: Peso de mil granos, ED: Esfericidad

3.2 Calidad del sorgo explotado

En la Tabla 2 se muestran los resultados del rendimiento de explotado de las variedades de sorgo empleando tres humedades (11, 15 y 20 %). Por otro lado, se puede observar que la humedad del grano no tiene influencia en el rendimiento de expansión por lo que no se encontraron diferencias significativas entre las condiciones de humedad.

Las variedades 82W21 (blanca) y 82G34 (roja) a 20% de humedad tuvieron los rendimientos más altos, siendo del 61 y 59% respectivamente (Figura 2). Seguido de las variedades 82G34 al 15 y 11% humedad con un 58 y 56% de rendimiento. Mientras que la variedad Paloma (blanca) con 11% de humedad obtuvo un rendimiento del 52%. Por otro lado, la variedad primavera, fue la única variedad estadísticamente diferente en cada una de las condiciones de humedad. Debido a que obtuvo los menores porcentajes en rendimiento de expandidos por lo que no es una variedad apta para la obtención de expandidos.

Los datos anteriores, concuerdan con lo antes reportado, ya que se ha visto que las variedades con coloraciones blancas tienen una mayor habilidad de expandido. Esto puede ser atribuido a sus diferencias genéticas, como el tamaño y a la dureza del grano (Mishra et al., 2015). En ese sentido, se ha reportado que los granos con mayor tamaño, tiene una mejor

habilidad para expandir, a diferencia de los granos más pequeños (Llopart y Drago, 2016). Lo cual, pudo verse en la variedad Primavera, ya que tuvo el menor tamaño y así también mostró el menor rendimiento de explotados. La dureza presenta una correlación inversa con la expansión, es decir granos duros expanden menos. Por lo que las variedades Paloma y 82G34, presentaron menores valores de dureza y los mayores índices de expansión (Tabla 1).

Tabla 2 Rendimiento de explotado de las variedades de sorgo, empleando diferentes contenidos de humedad.

Variedad	Rendimiento (%)		
	11 %H	15 %H	20 %H
Sorgos rojos			
81G67	57.3 ± 0.7^{Ba}	48.9 ± 5.7^{Aa}	57.5 ± 4.4^{Ab}
82G93	51.6 ± 6.8^{BCa}	51.3 ± 3.1^{Aa}	57.7 ± 15^{Ab}
82G34	47.8 ± 11.7^{BCa}	58.8 ± 3.7^{Aa}	59.7 ± 9.9^{Ab}
8133	56.9 ± 5.3^{Ba}	55.6 ± 0.9^{Aa}	56.2 ± 5^{Ab}
85P20	54.1 ± 4.7^{BCa}	52.5 ± 7.2^{Aa}	57.6 ± 10^{Ab}
Sorgos blancos			
82W21	52.2 ± 1.5^{Ba}	53.1 ± 4.9^{Aa}	61.7 ± 10^{Ab}
Paloma	71.5 ± 2.3^{Aa}	55.5 ± 1.8^{Aa}	58.4 ± 4.1^{Ab}
Primavera	42.3 ± 4.1^{Ca}	43.4 ± 5.2^{Aa}	42.4 ± 2^{Ab}

Letras minúsculas diferentes entre columnas, denotan diferencias estadísticas entre humedades ($p<0.05$) en la misma variedad. Mientras que letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística entre variedades en la misma humedad.

Respecto con el índice de expansión, la Tabla 3 muestra Índice de expansión de las variedades de sorgo, empleando diferentes contenidos de humedad. Este índice, nos indica la capacidad de expansión que tiene el grano de sorgo, tras el tratamiento con aire caliente. Se puede observar que el acondicionamiento a 15% de humedad, presentó los mayores valores numéricos de expansión del grano de sorgo, sin embargo, no se observó una diferencia significativa respecto a los tratamientos con 11 y 20% de humedad. Cabe destacar que en 11% de humedad, la variedad paloma presentó el mayor volumen de expansión, seguida de las variedades 81G67 y 83G34.

Tabla 3 Índice de expansión de las variedades de sorgo, empleando diferentes contenidos de humedad.

Variedad	Índice de expansión		
	11 %H	15 %H	20 %H
Sorgos rojos			
81G67	3.4 ± 0.3^{ABa}	2.1 ± 0.4^{Aa}	3.4 ± 1.2^{Ab}
82G93	2.4 ± 0.9^{BCa}	3.5 ± 0.8^{Aa}	2.1 ± 0.5^{Ab}
82G34	2.2 ± 0.1^{BCa}	3.1 ± 0.3^{Aa}	1.9 ± 0.8^{Ab}
8133	3.3 ± 0.3^{Ba}	3.3 ± 0.4^{Aa}	1.5 ± 0.6^{Ab}
85P20	1.9 ± 0.6^{Ca}	3.7 ± 1.6^{Aa}	3.2 ± 1.1^{Ab}
Sorgos blancos			
82W21	2.5 ± 0.6^{BCa}	3.2 ± 1.8^{Aa}	2.9 ± 1.2^{Ab}
Paloma	4.7 ± 0.9^{Aa}	3.6 ± 0.8^{Aa}	3.3 ± 1.2^{Ab}
Primavera	1.4 ± 0.1^{Ca}	1.4 ± 0.1^{Aa}	1.7 ± 0.1^{Ab}

Letras minúsculas diferentes entre columnas, denotan diferencias estadísticas entre humedades ($p<0.05$) en la misma variedad. Mientras que letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística entre variedades en la misma humedad.

De acuerdo con los resultados de rendimiento e índice de expansión de los explotados de sorgo, se determinó que la mejor condición para el explotado de fue a 11% de humedad, donde las variedades Paloma, 81G67 y 82G34 presentan los mejores atributos.

3.3 Aceptación sensorial de los explotados de sorgo

Los sorgos explotados con 11% de humedad de las variedades Paloma, 81G67 y 82G34, se sometieron a un análisis sensorial, evaluando el agrado general del expandido, los resultados se muestran en la Figura 1. Las variedades 81G67 y Paloma obtuvieron mayor agrado con una mediana de 6 y 7 (me agrada poco y me agrada moderadamente), respectivamente y la mayor aceptación general. La variedad 82G34, obtuvo una mediana de 4 (me desagrada ligeramente) mostró diferencia significativa con las dos variedades evaluadas. Cabe destacar que la coloración del grano, de la variedad Paloma es blanco, a diferencia de las variedades 82G34 y 81G67, que tienen una testa de color rojo.

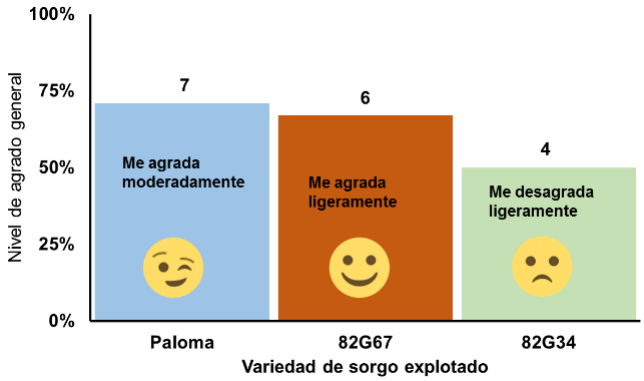


Figura 1 . Nivel de agrado general y opinión media de los panelistas. Se muestra la mediana y su significado en la escala hedónica.

La preferencia por la variedad Paloma, puede asociarse a temas culturales, ya que, relaciona con el color y forma más parecido a las palomitas de maíz, que es el alimento que se consume de forma habitual. En otros estudios, se ha visto que la preferencia de los consumidores está asociada con el color del producto final y el volumen del explotado (Paraginski et al., 2016). Ya que se prefiere "palomitas" de color amarillento y voluminosas.

3.4 Caracterización proximal y nutracéutica del sorgo explotado

Finalmente, en la Tabla 4 se muestra la caracterización nutrimental de los sorgos explotados con 11% de humedad en las variedades 81G67 y Paloma, los cuales fueron de mayor agrado para los panelistas del sensorial. Se observa que ambos explotados presentan características nutrimentales muy similares entre sí. Se presentó un incremento del 2% en el contenido de proteína, por acción del proceso de explotado. El contenido de lípidos, mostrando un incremento en la variedad Paloma del 2.3%, mientras que en la variedad 81G67, disminuyó 1.7%. Es importante destacar el aumento en el contenido de almidón resistente (AR) para ambas variedades, lo cual puede tener un efecto benéfico a la salud. Se ha reportado que el consumo de AR aumenta la saciedad, aporta menor número de calorías respecto al almidón nativo, mejora la integridad de la mucosa intestinal, aumenta el flujo y frecuencia de excreta. Así mismo, reduce la carga glucémica tras la comida, mejora la sensibilidad a la insulina y mejora el metabolismo de lípidos; tras la fermentación colónica, el AR produce ácidos grasos de cadena corta, los cuales ayudan a prevenir enfermedades como cáncer de colon, intestino irritable, entre otros (Ferrer-Mairal et al., 2012; Stewart y Zimmer 2018).

Tabla 4 Caracterización nutrimental y contenido de almidón resistente en el sorgo explotado

Parámetro (%)	Grano crudo		Grano explotado	
	81G67	Paloma	81G67	Paloma
Aporte calórico (kcal)[1]	92.19	66.03	92.15	108.02
CHO*	67.48	61.78	68.77	70.63
Fibra dietaria total	14.82	21.88	12.90	10.69
Soluble	1.25	2.17	0.29	3.53
Insoluble	13.57	19.71	12.62	7.16
Almidón resistente	0.21	2.37	3.61	3.58
Proteína	10.29	11.82	12.96	13.37
Lípidos	6.17	1.47	3.54	3.44
Cenizas	1.24	3.05	1.73	1.68

***CHO: Carbohidratos totales,** [1]Porción 30 g

El contenido de compuestos fenólicos libres en los sorgos explotados se muestra en la Tabla 5. Se observó que el explotado de 81G67 mostró un mayor contenido de compuestos fenólicos totales (154.39 ± 3.2 mg-eq AG/g), mientras que Paloma presentó 24.59 ± 0.4 mg-eq AG/. En el caso de flavonoides totales, se obtuvo 1.68 ± 0.1 y 1.02 ± 0.1 mg-eq R/g para el explotado de 81G67 y Paloma, respectivamente. En cuanto al contenido de taninos condensados, los explotados mostraron valores entre 9 a 50.57 mg-eq C/g, quedando por debajo de los límites reportados como máximos para el consumo de taninos según el Codex *Alimentarius*. Finalmente, ambos explotados mostraron una alta capacidad antioxidante, oscilando de 2392 a 5164 µM-eq de trolox/g. Dicha capacidad antioxidante, puede tener diversos beneficios a la salud, como la salud intestinal, prevención del estrés oxidativo o bien la

prevención de diabetes mellitus tipo 2 (Khan et al., 2013).

Tabla 5. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el sorgo explotado

Parámetro	81G67	Paloma
Fenoles totales (mg-eq AG/g)	154.39 ± 3.2[a]	24.59 ± 0.4[b]
Flavonoides totales (mg-eq R/g)	1.68 ± 0.1[a]	1.02 ± 0.1[b]
Taninos condensados (mg-eq C/g)	50.57 ± 1.2[a]	9.76 ± 1.8[b]
Capacidad antioxidante		
ABTS (µM-eq de trolox/g)	5164 ± 35[a]	2392 ± 55[b]
DPPH (µM-eq de trolox/g)	4364 ± 187[a]	2471 ± 158[b]

Se muestra la media ± la desviación estándar de tres mediciones independientes. Letras diferentes entre variedades indican diferencia estadística en el parámetro evaluado. AG: ácido gálico; R: rutina; C: (+)-catequina.

4. Perspectivas

Dados los resultados que se han encontrado en este estudio sobre la composición nutraceútica y el efecto que presenta el proceso de explotado sobre el almidón resistente. Aunado a la aceptación sensorial del público en general, muestran al grano de sorgo como una alternativa de botana saludable. Tales resultados muestran al grano de sorgo, como una alternativa de botana saludable. Debido a que un alto contenido de AR que puede dar lugar a una mejor respuesta glucémica postprandial (Arteaga Llona, 2006)[AHCR1], es decir, un menor índice glucémico (IG). Por otro lado, la variedad 82G67, por su coloración roja, presentó un mayor contenido de compuestos fenólicos, lo que también puede ayudar a la formación de almidón resistente tipo V, y tener un efecto positivo en el índice glucémico. Debido a lo anterior, un estudio de IG es capaz de aportar una medida única y útil de la calidad biológica de los carbohidratos digeribles de los alimentos. Actualmente los estudios sobre el IG en palomitas de sorgo es un campo no explorado.

Dado los resultados obtenidos hasta el momento y debido a que es imperativo el proveer a la población de alternativas saludables, que brinden saciedad y nutrición para minimizar la incidencia en las ETN, incluyendo los desórdenes de glucosa (Tacer-caba y Nilufer-erdil, 2019). Por lo que, estudios sobre la digestibilidad, aunado con la evaluación en el impacto del consumo de una botana tipo palomita a base de sorgo explotado, se podrán corroborar los beneficios de esta botana como alimento de baja digestibilidad de carbohidratos.

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, el sorgo explotado puede ser considerado como una botana saludable por su composición nutrimental, debido a su aporte de fibra dietaria, proteínas, así como la presencia de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del explotado, aunado a la alta aceptación sensorial. Los explotados de sorgo pueden ser una opción que contribuya, como la prevención de obesidad por el consumo de alimentos con altos contenidos calóricos, así como la prevención de enfermedades asociadas al sobrepeso como padecimientos cardiovasculares y diabetes mellitus tipo 2.

El presente trabajo abre la oportunidad de incorporar el consumo de explotados de granos de sorgo, a la dieta de la población del estado de Querétaro como un alimento saludable. Siendo una alternativa viable para ayudar a la disminución de los índices de obesidad y las enfermedades asociadas a este padecimiento, en el estado de Querétaro.

Referencias

AACC. (2000). *AACC International (2000) Approved methods, 11th edn.American Association of Cereal Chemists (AACC) International*, (11a ed.).

Cabrera-Ramírez, Á. H. (2015). *Efecto de la cocción térmico alcalina sobre los factores antinutricios y nutricios presentes en dos variedades de Sorgo (*Sorghum Bicolor *L. Moench)* [CICATA-IPN]. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21293/Tesis_Angel-Humberto-Cabrera-Ramírez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cabrera-Ramírez, A. H., Castro-Campos, F. G., Gaytán-Martínez, M., & Morales-Sánchez, E. (2020). Relationship between the corneous and floury endosperm content and the popped sorghum quality. *Journal of Cereal Science*, *95*(March), 102999. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102999

ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Diseño conceptual. *Instituto Nacional de Salud Pública*, 58–62.

Ferrer-Mairal, A., Peñalva-Lapuente, C., Iglesia, I., Urtasun, L., De Miguel-Etayo, P., Remón, S., Cortés, E., & Moreno, L. A. (2012). In vitro and in vivo assessment of the glycemic index of bakery products: Influence of the reformulation of ingredients. *European Journal of Nutrition*, *51*(8), 947–954. https://doi.org/10.1007/s00394-011-0272-6

Khan, I., Yousif, A., Johnson, S. K., & Gamlath, S. (2013). Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International*, *54*(1), 578–586. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.059

Llopart, E. E., & Drago, S. R. (2016). Physicochemical properties of sorghum and technological aptitude for popping. Nutritional changes after popping. *LWT - Food Science and Technology*, *71*, 316–322. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.006

Mirza, N., Sharma, N., Srivastava, S., & Kumar, A. (2015). Variation in Popping Quality Related to Physical, Biochemical and Nutritional Properties of Finger Millet Genotypes. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences*. https://doi.org/10.1007/s40011-014-0384-x

Mishra, G., Joshi, D. C., Mohapatra, D., & Babu, V. B. (2015). Varietal influence on the microwave popping characteristics of sorghum. *Journal of Cereal Science*, *65*, 19–24. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.001

Narváez González, E. D., Figueroa Cárdenas, J. de D., Taba, S., Castaño Tostado, E., & Martínez Peniche, R. Á. (2007). Efecto del tamaño del gránulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificado. *Revista Fitotecnia Mexicana*.

NMX-FF-037-1994. Non industrialized food products por human use. Cereals. (*Sorghum Vulgare* L.). Specifications and test method. Normas mexicanas., 1 (1994).

Ordoñez, M. R., Gely, M. C., & Pagano, A. M. (2012). Estudio de las propiedades físicas y de la cinética de secado de granos de maiz colorado duro. *Avances en Ciencias e Ingeniería*.

Paraginski, R. T., de Souza, N. L., Alves, G. H., Ziegler, V., de Oliveira, M., & Elias, M. C. (2016). Sensory and nutritional evaluation of popcorn kernels with yellow, white and red pericarps expanded in different ways. *Journal of Cereal Science*, *69*, 383–391. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.013

Pordesimo, L. O., Anantheswaran, R. C., Fleischmann, A. M., Lin, Y. E., & Hanna, M. A. (1990). Physical Properties as Indicators of Popping Characteristics of Microwave Popcorn. *Journal of Food Science*, *55*(5), 1352–1355. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb03934.x

Preiss, J. (2017). Plant Starch Synthesis. En *Starch in Food: Structure, Function and Applications: Second Edition*. Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00001-9

Sharma, M., Mridula, D., Yadav, D. N., & Gupta, R. K. (2015). Physico-Chemical Characteristics of Maize and Sorghum as Affected by Popping. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *85*(3), 787–792. https://doi.org/10.1007/s40011-015-0509-x

Stewart, M. L., & Zimmer, J. P. (2018). Postprandial glucose and insulin response to a high-fiber

muffin top containing resistant starch type 4 in healthy adults: a double-blind, randomized, controlled trial. *Nutrition*, *53*, 59–63. https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.01.002

Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., & Figueroa-Cárdenas, J. de D. (2019). Kernel properties and popping potential of Chapalote, a Mexican ancient native maize. *Journal of Cereal Science*, *86*, 69–76. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.010

Biocompósitos reforzados con fibras de jamaica para bolsa eco-amigable

Andrea Cortés Mendoza[1], M. Angélica Martínez Rubio[1], Andrea L. Atanacio Gelover[1], Salvador Rocha Solache[1], Mónica B. Ortuño López[1]**, Cynthia G. Flores Hernández[1], Gabriela Pineda Chacón[1].

[1] Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Querétaro
* *am.081097@gmail.com@email.com*
** *mbortuno@mail.itq.edu.mx*

Resumen

En este proyecto se evaluó el desempeño como refuerzo de la fibra de jamaica sobre una matriz polimérica compuesta de los polisacáridos almidón y quitosano. Se diseñaron diez formulaciones de películas de biocompósito con variaciones en la composición de almidón, quitosano y glicerol, para determinar sus potencialidades como material para la fabricación de una bolsa eco-amigable. La composición de las películas se examinó con un Espectrofotómetro de Infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR). Se determinó un bajo contenido de humedad y alta solubilidad en agua de las películas de biocompósito. Se comprueba que la fibra de jamaica puede ser útil para el desarrollo de un proceso simple de fabricación para una bolsa amigable con el ambiente.

Palabras clave: biocompósitos almidón-quitosano, fibra de jamaica, bolsas biodegradables

Abstract

In this project, the reinforcing performance of the hibiscus fiber on a polymeric matrix composed of the polysaccharides starch and chitosan was evaluated. Ten biocomposite film formulations were designed with variations in the composition of starch, chitosan and glycerol, to determine their potential as a material for the manufacture of an eco-friendly bag. The composition of the films was examined with a Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR). Low moisture content and high water solubility of the biocomposite films were determined. It is proven that the hibiscus fiber can be useful for the development of a simple manufacturing process for an environmentally friendly bag.

Keywords: starch-chitosan biocomposites, hibiscus fiber, biodegradable bags

Introducción

Este proyecto se planteó a partir de la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible incorporar fibra de jamaica como refuerzo de películas de un biocompósito almidón-quitosano con potencial para la fabricación por moldeo de casting de un prototipo mínimo viable de bolsa eco-amigable?

El 57% del plástico producido mundialmente acaba abandonado (R. Geyer, 2017), trayendo consigo daños a los ecosistemas que ponen en peligro la sustentabilidad del planeta debido a su origen sintético y a su alta resistencia a degradarse de forma natural. En el informe del 2018 de la ONU sobre el Estado del Plástico se reportó que cada año se producen 300 millones de toneladas de residuos plásticos (Martínez, 2019); el principal sector de aplicación de los materiales plásticos son los envases industriales, domésticos y comerciales, en 2015 se calculó que fueron producidas unas 146 millones de toneladas de plásticos en este tipo de aplicaciones (*SeoBird Life; Ecoembes*, 2020).

Por estas y otras situaciones, es que todo tipo de envases como bolsas, contenedores y otros productos de plástico terminan su vida útil en entornos naturales como ríos, mares y océanos, afectando directamente la fauna y la flora (Suárez, 2018). Se ha estimado que en estos ecosistemas hay entre 5 y 50 billones de microplásticos (Erik, 2015) y que para el año 2050 el 99% de las aves marinas tendrán plástico en sus aparatos digestivos por ingesta directa (CSIRO, 2015), por lo que no debería sorprender que

estos materiales terminan formando parte de la cadena alimenticia y por consiguiente son ingeridos por las personas de manera indirecta.

En relación al impacto de los plásticos en la salud humana, ya algunos estudios avalan la presencia de microplásticos en el cuerpo humano (Schwabl, 2018). Adicionalmente los plásticos contienen aditivos basados en una gran variedad de compuestos químicos, que permiten la modificación y mejora de sus propiedades, con lo que se amplía el espectro de sustancias sintéticas en el organismo cuyos efectos tóxicos aún no se han reconocido plenamente. Como ejemplo de esto el bisfenol A (BPA), un aditivo habitual en plásticos producidos en masa, que está siendo limitado en la Unión Europea por sus efectos preocupantes en la salud endocrina de las personas y la contaminación ambiental (ECHA).

La comunidad científica ha estado interesada en contribuir a la solución de estas problemáticas en diversos ámbitos, uno de ellos es el desarrollo de bioplásticos o biopolímeros como alternativa de los plásticos sintéticos. Estos materiales tienen propiedades similares, están basados en mayor o menor medida en componentes de origen natural, por lo que pueden integrarse natural y rápidamente al medio ambiente lo que los vuelve más amigables para el ambiente que los productos 100% sintéticos que alteran los ecosistemas naturales.

Entre los biopolímeros de mayor interés para el desarrollo de películas biodegradables se encuentra el almidón por su abundancia y bajo costo (Oropeza, 2016). El almidón es un polisacárido compuesto por moléculas de amilosa y amilopectina, que puede conseguirse fácilmente de forma comercial en formas más o menos puras. Por otro lado y un poco menos disponible se encuentra al quitosano, producto que se extrae de los caparazones de los crustáceos, de gran potencial entre los polímeros naturales para el embalaje de comestibles o de recubrimientos (Tanabe, 2002; Matthew 2006; He, 2014). Se ha encontrado la mejora las propiedades mecánicas en tensión de películas biopoliméricas de almidón y mezcladas con un 0.5 a 1.5% de quitosano (Asria, 2016).

El desarrollo de nuevos materiales biopoliméricos incorporando fibras naturales como refuerzos se ha convertido en una gran área de interés, ya que mezclas apropiadas pueden mejorar sustancialmente sus propiedades mecánicas, conformando lo que se conoce como biocompuestos. biocompósitos o eco-compósitos por ser amigables con el ambiente (Patel, 2004). Se han logrado desarrollar bio-compósitos de matriz almidón-quitosano y refuerzos de fibras de keratina, biodegradables y de buenas propiedades mecánicas (Flores-Hernández y col., 2014). Otro de los elementos habitualmente empleados en estas formulaciones son algunos tipos aditivos que mejoran su procesabilidad, el glicerol, conocido comercialmente como glicerina es una de las sustancias usadas convencionalmente para estos fines (Oropeza, 2016; Escobar, 2020).

La jamaica es un producto natural de interés por sus propiedades antioxidantes y por el uso extendido de sus extractos como colorante en productos de la industria alimentaria y farmacéutica. No obstante la fibra que resulta al obtener el extracto, no tiene un uso significativo por lo que constituye un producto secundario de desecho en el proceso de extracción. No se han encontrado estudios que comprueben su su actividad como refuerzo de biocompósitos, ni patentes de productos desarrollados que lo integren en sus formulaciones.

El objetivo general de este estudio fue diseñar formulaciones para la síntesis de películas de un biocompuesto reforzado con fibras de jamaica, basado en una matriz almidón-quitosano, con potencial para la fabricación de bolsas amigables con el ambiente, por el método de casting.

Hipótesis:
Es posible incorporar fibras de jamaica como refuerzo de un biocomposito de matriz almidón-quitosano, para la fabricación de un prototipo mínimo viable de bolsa eco-amigable.

Metodología

En este trabajo se llevó a cabo una investigación de enfoque cualitativo, centrada en el diseño de

formulaciones de un biocompósito de almidón, quitosano y fibra de jamaica, así como en la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, para identificar su potencial para la fabricación de bolsas biodegradables por moldeo de casting. Para lo cual se desarrollaron las siguientes actividades:

Preparación de los biocompósitos

La obtención de la fibra de jamaica se realizó mediante el procedimiento que se describe a continuación: se realizó la cocción de la flor de jamaica con agua, se dejó secar a temperatura ambiente, se trituró en un molino de café y finalmente para homogeneizar el tamaño, se realizó un tamizado en malla 60.

Luego del tratamiento a la fibra, se prosiguió con la preparación de los biocompósitos de acuerdo a la técnica reportada por Mathew y col. (2006) preparando por separado soluciones almidón-fibra y quitosano. La solución de almidón se preparó en agua, llevando esta mezcla a temperatura entre 90 °C $\pm$ 5 °C y en agitación constante para alcanzar el punto de gelatinización. Por otro lado, la dispersión de quitosano se preparó en ácido acético glacial al 10%, temperatura ambiente y en agitación vigorosa. Una vez preparadas las soluciones por separado de almidón-jamaica-glicerol y quitosano, se mezclaron homogéneamente en diferentes relaciones. Como agente plastificante se utilizó glicerol, en volúmenes que variaron de 1 a 3 ml. Finalmente las soluciones de biocompósitos fueron vaciadas en moldes de teflón de 11.5 cm de diámetro, para obtener películas, las cuales se secaron a temperatura ambiente por 96 horas.

En la tabla 1 se muestra la composición de las fórmulas diseñadas para cada muestra probada en este estudio A, Q, G y J son las siglas para almidón, quitosano, glicerol y jamaica respectivamente; los dígitos que siguen cada letra, hacen referencia a al porcentaje m/m de la mezcla almidón-quitosano, a los volúmenes de glicerol por cada 100 ml de solución de almidón y a la proporción de fibra de jamaica adicionada a las mezclas.

Tabla 1. Composición de las muestras sintetizadas. Fuente: elaboración propia.

Nombre de la muestra	Relaciones de composición		Glicerol (ml)	Fibra (%m/m)
	Almidón (%m/m)	Quitosano (%m/m)		
A70Q30G1-J5	70	30	1	5
A70Q30G1-J10	70	30	1	10
A90Q10G1-J5	90	10	1	5
A95Q5G1-J5	95	5	1	5
A100G3-J5	100	0	3	5
A98Q2G1-J5	98	2	1	5
A90Q10G2-J5	90	10	2	5
A95Q5G2-J5	95	5	2	5
A100G2-J5	100	0	2	5

Evaluación de los biocompósitos

La evaluación de las propiedades de los materiales desarrollados se basó en los siguientes criterios, composición, apariencia física, humedad y solubilidad en agua.

El análisis de la composición de las películas se llevó a cabo utilizando el método de reflectancia total atenuada (ATR) en un Espectrofotómetro de Infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR) marca Bruker Optics Tensor 37, con 1 cm^{-1} de resolución y 32 escaneos en un rango de 4000-400 cm^{-1}. Este análisis permitió determinar cuáles son los grupos funcionales presentes en los materiales compuestos, y con ello se comprobó la identidad de los materiales.

El análisis de la apariencia de los biocompósitos, que incluye la evaluación de la integración de las fases, fue realizada de forma macroscópica a partir de una inspección visual directa de las muestras. La humedad se calculó por un método termogravimétricos clásico, determinando la pérdida de masa de agua luego del secado, mientras que la

solubilidad en agua se evaluó cualitativamente . La temperatura elegida para las pruebas de humedad y solubilidad consideran evitar la pérdida del plastificante. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

El método utilizado para la determinación de humedad se describe a continuación: se pesaron los crisoles, posteriormente se conservaron a 200° C por 24 horas, luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente, después muestras de las películas de 2.5x2.5 cm se agregaron a los crisoles y se volvieron a pesar para obtener los datos de la masa inicial. Luego los crisoles con la muestras se metieron al horno a 90° C durante 24 horas. El contenido de humedad se determinó con el porcentaje en peso de la película inicial perdido durante el secado y se informó sobre la humedad en base a la siguiente ecuación:

$$Humedad\ (\%) = \frac{masa\ inicial - masa\ final}{masa\ inicial} * 100$$

Para la prueba de solubilidad en agua, muestras de las películas de 2.5 x 2.5 cm fueron sumergidas y conservadas en agitación constante en 50 ml de agua destilada, durante 6 horas y a 30° C. Luego se realizó la inspección visual para evaluar comparativa y cualitativamente su grado de disolución.

Discusión de Resultados

Apariencia física de los biocompuestos

En la figura 1 se muestran las imágenes de películas de los biocompósitos de matriz almidón-quitosano con 5 % de refuerzo de fibra de jamaica.

Por inspección visual se observó que se logra una mejor integración de las fases matriz polisacárida y refuerzo, en las mezclas almidón-quitosano 98/2 que las mezclas 70/30, 90/10 y 95/5. En las imágenes de las figuras a, b y c se puede constatar la pobre integración de las muestras con la mayor proporción de quitosano.

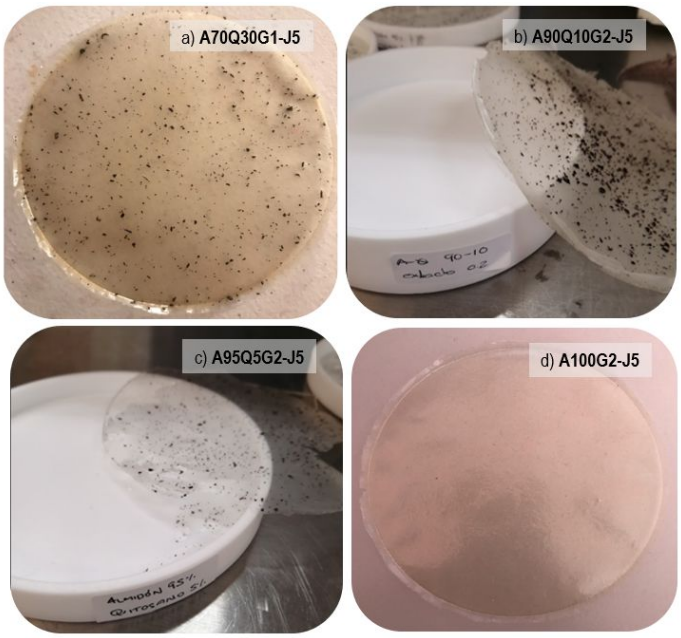


Figura 1. Biocompósitos Almidón-Quitosano con 5 % de refuerzo de fibra de jamaica, variando el % m/m de almidón (A), quitosano (Q) y la proporción de glicerol (G).

El biopolímero de matriz libre de quitosano (A100G2-J5), preparado con almidón, 2 ml de glicerol y reforzado con 5 % de fibra de jamaica, muestra una excelente integración de fases como se puede apreciar en la figura 1. Un material como este es teóricamente es una opción muy interesante para profundizar en el estudio de su biodegradabilidad, así como de sus propiedades mecánicas y termomecánicas. Biocompósitos de mayor proporción de almidón pueden tener un mayor potencial de ser eco-amigables debido a la alta solubilidad de este polisacárido en ambientes húmedos, en contraste con los biocompuestos con mayor proporción de quitosano el cual es insoluble en agua.

Composición de los biocompósitos

Los espectros FTIR aportaron información relevante para la confirmación de la estructura química de los biocompósitos almidón-quitosano reforzados con fibra de jamaica.

En la figura 2 se pueden identificar los principales grupos funcionales de los biopolímeros, todos los espectros presentan las mismas señales porque la composición cualitativa de las muestras es idéntica.

Alrededor de los 3300 cm^{-1} se observa la señal característica de las vibraciones de estiramiento O-H, asociados a los grupos hidroxilos de los polisacáridos almidón y quitosano, así como el glicerol, alcohol utilizado como aditivo. Las señales ubicadas por debajo de los 3000 cm^{-1} corresponden a su vez a las vibraciones de estiramiento simétricas de C-H, relacionada con las cadenas alquílicas. Así mismo y de forma muy clara también se encuentra la señal que se relaciona a las vibraciones de estiramiento de C-OH, ubicada por los 1000 cm^{-1}.

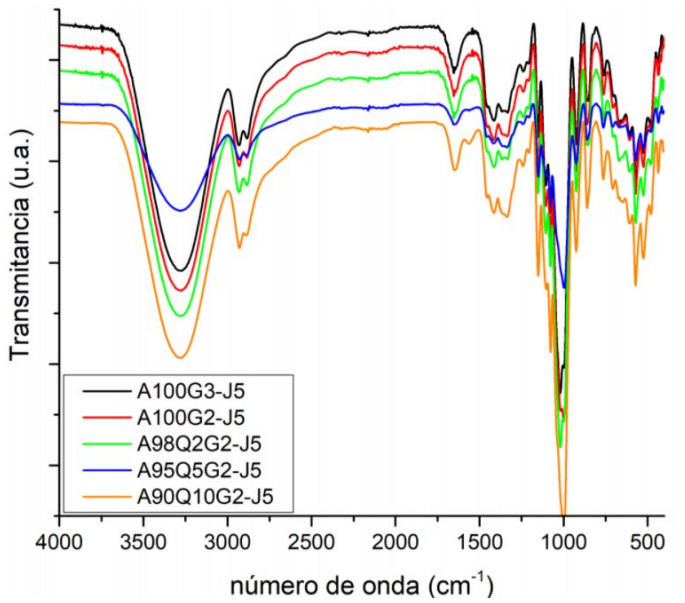


Figura 2. Espectros FTIR de muestras de biocompósitos Almidón-Quitosano con 5 % de refuerzo de fibra de jamaica, variando el % m/m de almidón (A), quitosano (Q) y la proporción de glicerol (G).

Contenido de Humedad y Solubilidad en Agua

En la tabla 2 se reportan los resultados del cálculo del contenido de humedad y solubilidad en agua de las muestras de biocompósitos.

Tabla 2. Contenido de agua y solubilidad de los biocompósitos almidón-quitosano reforzados con fibra de jamaica.

Nombre de la muestra	% Humedad	Solubilidad en agua
A90Q10G1-J5	0.0537 ± 0.0003	Alta solubilidad
A95Q5G1-J5	0.0519 ± 0.0011	Alta solubilidad
A90Q10G2-J5	0.0107 ± 0.0037	Alta solubilidad
A95Q5G2-J5	0.0448 ± 0.0042	Alta solubilidad
A98Q2G2-J5	0.0890 ± 0.0145	Alta solubilidad
A100G2-J5	0.0299 ± 0.0487	Solubilidad Total

Los resultados de % de humedad pueden considerarse buenos en términos generales, ya que un alto contenido de humedad afecta la capacidad de procesamiento, periodo de conservación, usabilidad y calidad del producto, así que este dato es clave para garantizar la calidad de estos productos (Flores H., 2018).

Los datos cuantitativos de humedad indican una relación directa entre la concentración de almidón y su grado de humedad, lo que se puede explicar en términos del alto grado de solubilidad del almidón en el agua.

En la figura 3 se presentan imágenes de las pruebas de solubilidad en agua. Estos resultados proporcionan información con respecto a la velocidad a la que se podrían disolver si se exponen a ambientes húmedos, lo cual puede resultar beneficioso para ciertas aplicaciones. En términos generales se puede observar que ambas muestras presentan un alto grado de solubilidad, esto se debe a su alta concentración de almidón.



Figura 3. Resultados de las pruebas de solubilidad en agua. En A98Q2G2-J5 se señalan los fragmentos de la película, en A100G2-J5 se señalan la fibras suspendidas en una solución acuosa de almidón.

En la tabla 1 se resumen los resultados de las pruebas cualitativas de solubilidad de las muestras de biocompósitos. Las muestras con mayor contenido de quitosano resultaron menos solubles. En la figura

3, se puede apreciar la influencia del quitosano en la muestra A98Q2G2-J5, ya que la película conserva un poco más su integridad física. En cambio la muestra A100G2-J5 presentó una solubilidad total en agua, apreciándose en la imagen correspondiente solo la fibra de jamaica suspendida en una solución homogénea de almidón. Estos resultados coinciden con lo reportado por Blanquicet y col., (2015).

Elaboración del prototipo

En la figura se muestra la evidencia de la elaboración de un prototipo mínimo viable de una bolsa eco-amigable, elaborada de forma no industrializada por el método de casting, a partir de un biocompósito de matriz 100 % almidón - 0 % quitosano, reforzado con un 5 % de fibra de jamaica (A100G2-J5).



Figura 3. Prototipo mínimo viables de bolsas eco-amigables de almidón con fibra de jamaica.

Este prototipo muestra potencial para ser escalado y por tanto aplicado para el envase temporal de todo tipo de productos. Al estar elaborado a partir de materia primas 100 % naturales, y fabricado por un método simple y no industrializado, el impacto ambiental de su producción es mínimo comparado con la producción de las bolsas fabricadas a partir de polímeros sintéticos.

Conclusiones

En este trabajo se diseñaron formulaciones para la síntesis de películas de un biocompósito reforzado con fibras de jamaica, basado en una matriz almidón-quitosano, con potencial para la fabricación de bolsas eco-amigables por el método de casting.

Lo más importante de esta investigación fue la integración de la fibra de jamaica como fase de refuerzo en la matriz almidón-quitosano, porque no existen reportes del uso de esta y se ha venido considerado un producto de desecho luego de la obtención de sus extractos. Este proyecto abre una línea de investigación muy interesante para apoyar el desarrollo de productos desechables amigables con el ambiente. En esta línea de investigación se podrían realizar estudios más profundos para demostrar la mejora de las propiedades mecánicas y térmicas de los componentes naturales de las fórmulas sin perder su biodegradabilidad.

Lo segundo más importante fue el logro de un prototipo mínimo viable de bolsa eco-amigable, a través de un proceso no industrializado, y en consecuencia con un mínimo impacto ambiental. Lo que más se facilita de este desarrollo son sus bajas necesidades energéticas y simplicidad, mientras que lo que más se dificulta es la producción masiva de sus productos, por ser un proceso de tipo artesanal.

Agradecimientos

El Programa de Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos 2020 del Estado de Querétaro, por incentivar y promover la investigación en los estudiantes de nivel superior.

El Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, a través del Departamento de Metalmecánica, la División de Posgrado e Investigación, el Laboratorio de Química, Laboratorio de Materiales y Nanotecnología. y el Laboratorio de Materiales, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. Patel, Martin, Bastiolli, Catia, & Luigi. (2004). Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres. *Biopolímeros*, *33*, 13. https://www.virtualpro.co/revista/biopolimeros
2. Suárez, R. A. (2018, Enero 5). Contaminación por uso de bolsas de plástico en comercio. *El Universal*. http://www.eluniversalqueretaro.mx/content/contaminacion-por-uso-de-bolsas-de-plastico-en-comercios
3. Martínez, A., & Campos, D. (2019, Mayo 5). Bolsas y Popotes: 20 minutos de uso y 150 años en degradarse. El

Universal. https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/bolsas-y-popotes-20-minutos-de-uso-y-150-anos-de-degradarse
4. SeoBird Life; Ecoembes. (25 de noviembre de 2020). Proyecto Libera. Obtenido de Informe Libera; Impacto del abandono del plástico en la naturaleza: https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-pl%C3%A1sticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf
5. Liebmann B., Köppel S. , Königshofer P, Bucsics T., Reiberger T. & Schwab P.. (2018) "Assessment of microplastic concentrations in human stool – final results of a prospective study". 10.13140/RG.2.2.16638.02884.
6. Agencia europea de los productos químicos (ECHA) https://echa.europa.eu/es/hot-topics/bisphenol-a
7. R. Geyer, J. R. Jambeck & K. L. Law. (2017). "Production, use, and fate of all plastics ever made - Supplementary Information" Science Advances
8. CSIRO Australia, "Plastic in 99 percent of seabirds by 2050," 2015. [Online]. Available: https://www.sciencedaily.com/releases/2015/08/150831163739.htm.
9. S. Erik Van, W. Chris, L. Laurent, M. Nikolai, H. Britta Denise, A. van F. Jan, E. Marcus, S. David, G. Francois & L. Kara Lavender. (2015). "A global inventory of small floating plastic debris" Environmental Research Letters
10. Oropeza G. R., Montes H. A.,& Padrón P. C. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 7 (1), 065-093.
11. Tanabe, T., Okitsu, N., Tachibana, A., Yamauchi & K.Preparation Characterization of keratin-chitosan composite film. Biomaterials.(2002). 23, 817.
12. Mathew S., Brahmakumar M. & Emilia Abraham, T. (2006). Microstructural imaging and characterization of the mechanical, chemical, thermal, and swelling properties of starch-chitosan blend films. Biopolymers. *82*, 176–187
13. He, X., Tao, R., Zhou, T., Wang & C., Xie, K. (2014). Structure and properties of cotton fabrics treated with functionalized dialdehyde chitosan, Carbohydrate Polymers, 103, 558-565.
14. Asria, Merry. (2016). Preparation and characterization of edible film from the belitung taro starch (Xanthosoma sagitifolium) and chitosan. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 8(6):57-62.
15. Flores-Hernández CG, Colin-Cruz A, Velasco-Santos C, Castaño VM, Rivera-Armenta JL, Almendarez-Camarillo A, Garcia-Casillas PE & Martínez-Hernandez AL. (2014) All green composites from fully renewable biopolymers: chitosan-starch reinforced with keratin from feathers. Polymers., 6, 686-705.
16. Escobar Guadarrama, J. A. (2020). Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano y adicionadas con partículas de almidón". Toluca de Lerdo, Edo. De México,: Universidad Autónoma del Estado de México.
17. PROY-NMX-C-166-ONNCCE-2017, N. M. (26 de noviembre de 2020). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de : https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5507206&fecha=08/12/2017
18. Flores-Hernandez C.G., Martinez-Hernandez A.L., Colin-Cruz A., Martinez-Bustos F., Castaño V.M., Olivas-Armendariz I., Almendarez-Camarillo A. & Velasco-Santos. (2018). Starch modified with chitosan and reinforced with feather keratin materials produced by extrusion process: an alternative to starch polymers. Starch/Starke. 11-12 (1700295), 70. https://doi.org/10.1002/star.201700295.
19. Blanquicet Macea, R., Flórez De Hoyos, C., González Montes, Y., Meza Fuentes, E., & Rodríguez Ruiz , J. I. (2015). Síntesis y propiedades de filmes basados en quitosano/lactosuero. *Scielo*, 58-69.

Métodos de caracterización de nanoestructuras en la mariposa mexicana

Domínguez García Armando[1], Velázquez Hernández Ángel[1], Vergara García Gerardo[1], Mercader Trejo Flora[2], Herrera Basurto Raúl[1],*,

[1]Universidad Tecnológica de Querétaro; Av. Pie de la Cuesta 2501, Nacional, 76148 Santiago de Querétaro, Qro.
[2]UPSRJ; Carretera Federal 57, km 31+150, S/N, 76220 Santa Rosa Jáuregui, Qro.
*raul.herrera@uteq.edu.mx

Resumen
El ser humano siempre ha encontrado desarrollo tecnológico al imitar la naturaleza, dentro de la nanotecnología y las nanociencias no es la excepción, de ahí surge la necesidad de explorar metodologías así como dispositivos que nos permitan la correcta preparación de muestras biológicas con nanoestructuras de origen natural (animal o vegetal) al igual que las que permiten caracterizarlas. Mientras más se adentra en la complejidad de la naturaleza, se requieren mejores formas y dispositivos para la correcta caracterización de las nanoestructuras presentes, con lo que se permitirá encontrar mejores aplicaciones para cada tipo de nanoestructura estudiado. Como resultado de esta investigación se plantearon dos procedimientos, uno para llevar a cabo nanoindentación con el cual se tuvieran resultados reproducibles y otro para emplear microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM) sin alterar las nanoestructuras , también se propone el diseño de un portamuestras para HRTEM que permita mover la posición de la muestra mientras está siendo observada.

Palabras clave: nanoestructura, nanoindentación, metodología, caracterización, procedimiento.

Summary
Human beings have always found technological development by imitating nature, within nanotechnology and nanoscience is no exception, hence the need to explore methodologies as well as devices that allow us the correct preparation of biological samples with nanostructures of natural origin (animal or vegetable) as well as those that allow characterizing them. As a result of this research, two procedures were proposed, one to carry out nanoindentation with which reproducible results were obtained and the other to use high resolution transmission electron microscopy (HRTEM) without altering the nanostructures, the design of a sample holder is also proposed for HRTEM that allows to move the position of the sample while it is being observed. The more one delves into the complexity of nature, the better forms and devices are required for the correct characterization of the nanostructures present, which will allow finding better applications for each type of nanostructure studied.

Keywords: nanostructure, nanoindentation, methodology, characterization, procedure.

Introducción
A lo largo del tiempo el interés que presentan tanto la ciencia como la industria por la obtención de materiales con características superiores a los actuales, ha sido continuo. A esta tendencia se suma además la necesidad de lograr materiales multifuncionales capaces de aglutinar propiedades de diferente naturaleza, como la conductividad eléctrica o térmica.

En el presente trabajo se muestran el estudio de los procedimientos para la preparación de muestras de alas de mariposa monarca (Danaus plexippus), esto con el fin de caracterizar de forma correcta las propiedades de la nanoestructura que estas poseen en sus alas, mediante las técnicas de nanoindentación y microscopía de transmisión con electrones de alta resolución (por sus siglas en inglés HRTEM).

La importancia de este trabajo radica en la poca información que existe actualmente sobre este tema, y con ello la falta de métodos correctos para la preparación de este tipo de muestras para su caracterización, además de las múltiples aplicaciones en las que este material puede ser implementado, como un material óptico, para seguridad en los nuevos tipos de billetes, sensores, etc.

Metodología

Nanoindentación

Previamente se realizó un análisis de la información en la bibliografía, con lo cual se corroboró la poca información de este tema relacionado a la ingeniería y materiales. De aquí se obtuvieron las partes que conforman el cuerpo de la mariposa mexicana la cual permite una mejor identificación de las zonas de muestreo (Figura 1), de la misma manera se establecieron los mesurados (Figura 2).

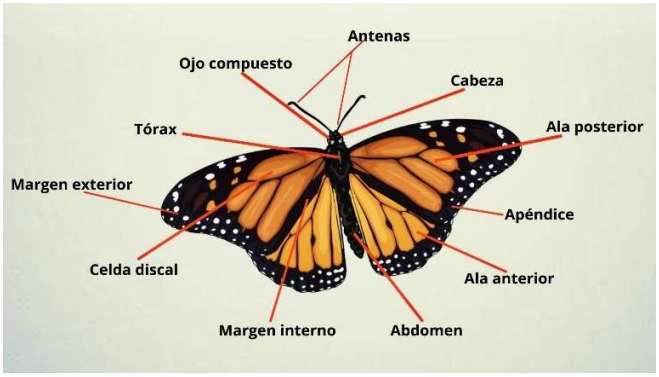


Figura 1. Partes de la mariposa mexicana

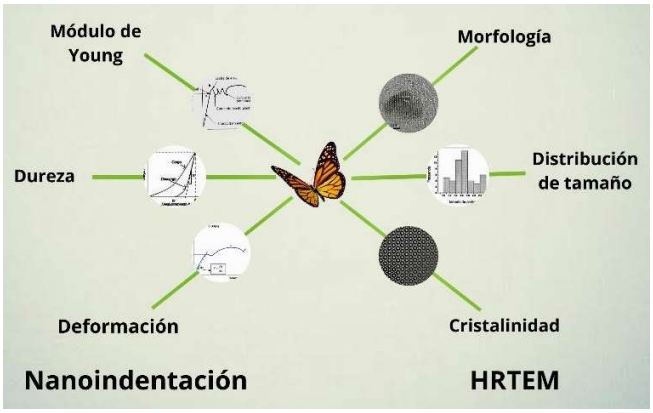


Figura 2. Mensurados por nanoindentación y HRTEM.

Para realizar la nanoindentación con el nanoindentador H2000 de Helmut Fischer, primero se definieron tres zonas principales en las alas de la mariposa; Zona Oscura (ZO) ubicada en el margen exterior del ala, Zona Amarilla Oscura (ZAO) en el ala posterior y la Zona Amarilla Clara (ZAC) en el ala anterior. Después se realizan cortes en cuadrados de 5x5 mm con un bisturí, después esta sección se coloca sobre un portaobjetos de vidrio, la muestra se fija por los lados con cinta adhesiva evitando cubrir toda la superficie de esta. Por último se coloca en el nanoindentador previamente validado para realizar las pruebas de nanoindentación.

HRTEM

Para utilizar esta técnica de caracterización, el procedimiento de preparación de la muestra propuesto es el siguiente; primero la muestra se corta en cuadros de 5x5 mm, el cual será fijado a un portaobjetos, después este pasara por criogenización uniendo el portaobjetos con la muestra, quedando fija la muestra, el portaobjetos se colocara en un ultramicrotomo para realizar cortes precisos y homogéneos.

Resultados

Con el nanoindentador se obtuvieron micrografías previas de la zona indentada (Figura 3). Donde se aprecian las diferencias en cantidad de escamas y la coloración por zona.

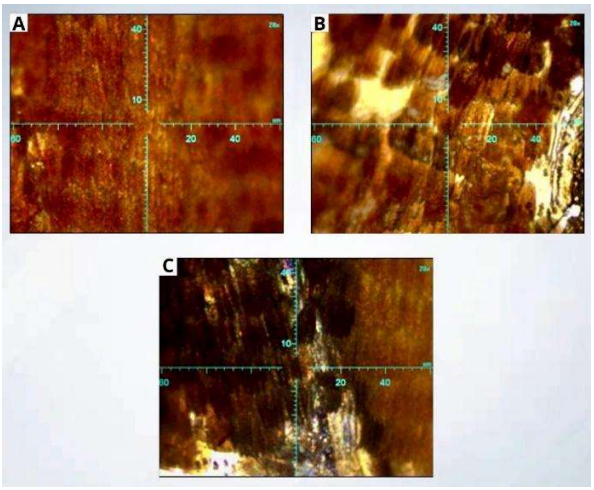


Figura 3. Zonas de alas de mariposa monarca. A)ZAC , B) ZAO y C) ZO

Dichas escamas pueden apreciarse de mejor manera en la Figura 4 y como estas se presentan como andamios en las alas de mariposa (figura 5).

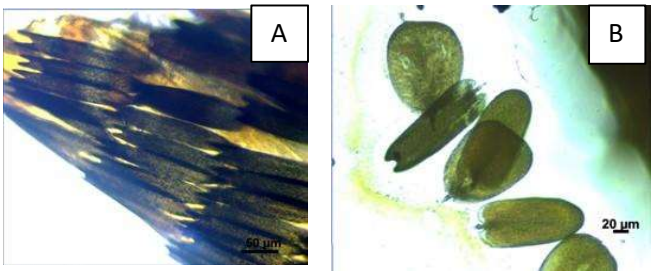


Figura 4. A) Micrografía de las escamas a 50 µm. B) Micrografía de las escamas a 20 µm.

Las gráficas de nanoindentación muestran que en las regiones se tiene variación en las propiedades de estas entre sí (Figuras 5, 6 y 7), a pesar de que dibujan un comportamiento similar en las gráficas.

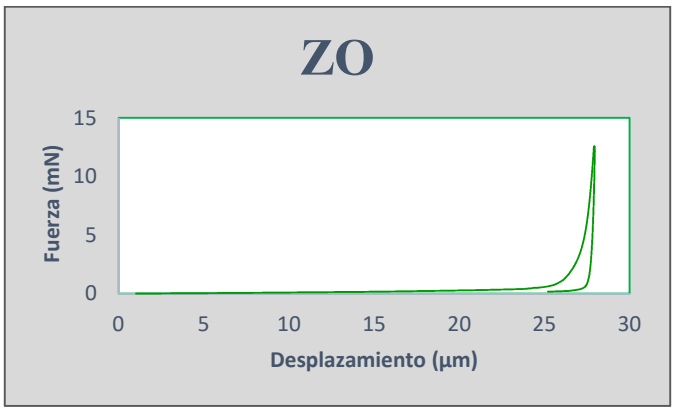


Figura 5. Gráfica de indentación para Zona Oscura (ZO).

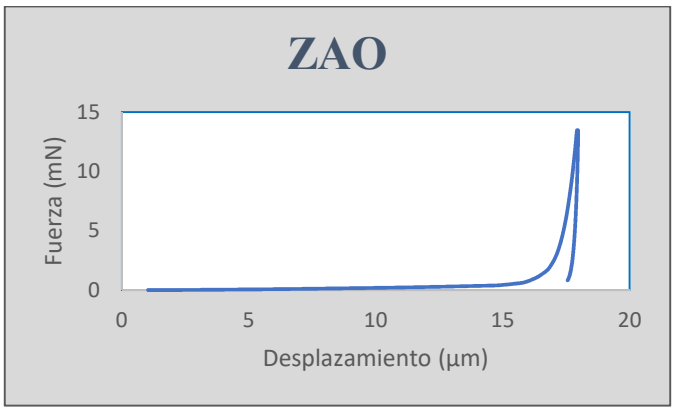


Figura 6. Gráfica de indentación Zona Amarilla Oscura (ZAO).

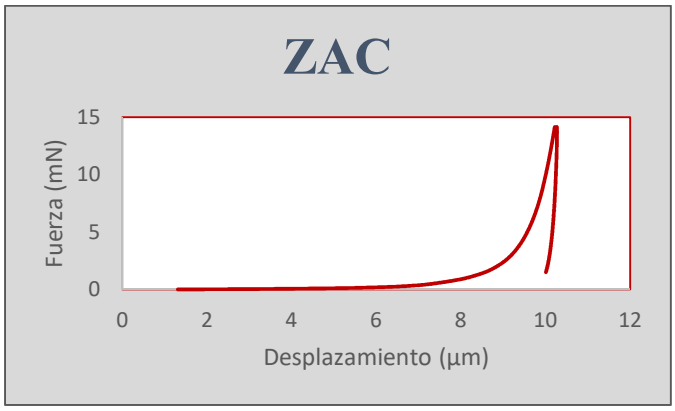


Figura 7. Gráfica de indentación de la Zona Amarilla Clara (ZAC).

En cuanto a la caracterización por HRTEM, se propuso el desarrollo de un prototipo de porta muestras capaz de tener movimiento al momento de estar analizando la muestra (Figuras 8, 9 y 10).

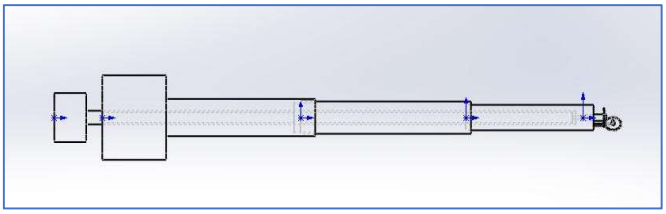


Figura 8. Dibujo 2D del prototipo de porta muestras para TEM y HRTEM.

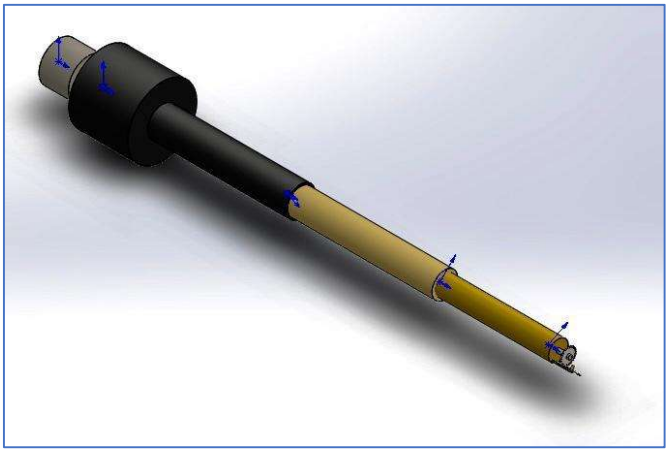


Figura 9. Diseño 3D del prototipo propuesto para portamuestras de TEM y HRTEM.

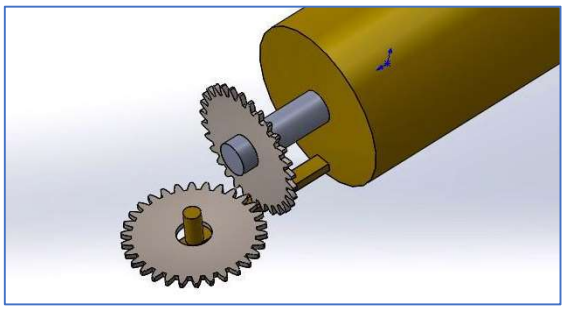


Figura 10. Sistema de micro engranaje propuesto para el portamuestras de TEM y HRTEM.

Conclusión

Las alas de mariposa monarca tienen una división específica las cuales nos sirven para ubicar las mediciones realizadas e identificar las características y propiedades para cada una de ellas. Por otro lado, vemos que cada tipo de zona identificada en las alas de mariposa monarca presenta similitudes y diferencias en cuanto a la distribución, forma y dureza, lo cual se puede deducir que se debe a la cantidad de escamas superpuestas en cada una de estas.

Se debe identificar la zona en la que se realiza la nanoindentación ya que como se aprecia en los resultados dependiendo de esta variarán las mediciones obtenidas, también con los resultados de la microscopía se observa que se deben considerar posibles variaciones en los resultados de la nanoindentación a causa de los microtúbulos que protegen la nanoestructura.

Se requiere el desarrollo de nuevos dispositivos para abortar la nanotecnología que ofrece la naturaleza, tanto la preparación de la muestra como su manipulación al momento de realizarse las pruebas de caracterización son indispensables para la obtención de resultados reales y correctos.

Para continuar con el desarrollo de la investigación se deberá considerar los accesos a los distintos aparatos de medición y a la cantidad de muestras disponibles así como a corregir los factores de riesgo al preparar o manipular la muestra.

Referencias bibliográficas

I. Curd, M. E., Burnett, T. L., Fellowes, J., Yan, P., & Withers, P. J. (2020). Redistribution of carbon caused by butterfly defects in bearing steels. *Acta Materialia*, *183*, 390-397. https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.10.057

II. Garczyk, Ż., Stach, S., Ţălu, Ş., Sobola, D., & Wróbel, Z. (2017). Stereometric Parameters of Butterfly Wings. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, *31*, 1-10. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jbbbe.31.1

III. Hoyal Cuthill, J. F., Guttenberg, N., Ledger, S., Crowther, R., & Huertas, B. (2019). Deep learning on butterfly phenotypes tests evolution's oldest mathematical model. *Science Advances*, *5*(8), 4967. https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw4967

IV. Huang, G., Zhang, Y., Zhu, X., Zeng, C., Wang, Q., Zhou, Q., Tao, Q., Liu, M., Lei, J., Yan, C., & Shi, Y. (2020). Structure of the Cytoplasmic Ring of the Xenopus laevis Nuclear Pore Complex. *Springer US*, 1. https://doi.org/10.1101/2020.03.27.009407

V. Hyde, S. T., O'Keeffe, M., & Proserpio, D. M. (2008). ChemInform Abstract: A Short History of an Elusive Yet Ubiquitous Structure in Chemistry, Materials, and Mathematics. *ChemInform*, *39*(52), 1. https://doi.org/10.1002/chin.200852274

VI. Iwasaki, M., Ohno, Y., & Otaki, J. M. (2017). Butterfly eyespot organiser: in vivo imaging of the prospective focal cells in pupal wing tissues. *Scientific Reports*, *7*(1), 1. https://doi.org/10.1038/srep40705

VII. Kertész, K., Piszter, G., Horváth, Z. E., Bálint, Z., & Biró, L. P. (2017). Changes in structural and pigmentary colours in response to cold stress in Polyommatus icarus butterflies. *Scientific Reports*, *7*(1), 1. https://doi.org/10.1038/s41598-017-01273-7

VIII. Krishna, A., Nie, X., Warren, A. D., Llorente-Bousquets, J. E., Briscoe, A. D., & Lee, J. (2020). Infrared optical and thermal properties of microstructures in butterfly wings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*(3), 1566-1572. https://doi.org/10.1073/pnas.1906356117

IX. Marcus, J. M. (2019). Evo-Devo of Butterfly Wing Patterns. *Evolutionary Developmental Biology*, 1-14. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33038-9_174-1

X. Mongue, A. J., Tsai, M. V., Wayne, M. L., & de Roode, J. C. (2016). Inbreeding depression in monarch butterflies. *Journal of Insect Conservation*, *20*(3), 477-483. https://doi.org/10.1007/s10841-016-9880-z

XI. Özsu, N., Chan, Q. Y., Chen, B., Gupta, M. D., & Monteiro, A. (2017). Wingless is a positive regulator of eyespot color patterns in Bicyclus anynana butterflies. *Developmental*

Biology, *429*(1), 177-185. https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2017.06.030

XII. Pennisi, E. (2019). How the monarch butterfly evolved its resistance to toxic milkweed. *Science*, 1. https://doi.org/10.1126/science.aaz7146

XIII. Potyrailo, R. A., Bonam, R. K., Hartley, J. G., Starkey, T. A., Vukusic, P., Vasudev, M., Bunning, T., Naik, R. R., Tang, Z., Palacios, M. A., Larsen, M., Le Tarte, L. A., Grande, J. C., Zhong, S., & Deng, T. (2015). Towards outperforming conventional sensor arrays with fabricated individual photonic vapour sensors inspired by Morpho butterflies. *Nature Communications*, *6*(1), 1. https://doi.org/10.1038/ncomms8959

XIV. Quiroz, H. P., Barrera-Patiño, C. P., Rey-González, R. R., & Dussan, A. (2019). Optical Properties of Greta oto Butterfly Wings: Relation of Iridescence with Photonic Properties. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *19*(5), 2833-2838. https://doi.org/10.1166/jnn.2019.16028

XV. Sackey, J., Prevost, P., Dompreh, K. A., & Maaza, M. (2018). Nanostructured Characterization of Papilio demoleus Linnaeus Butterfly Wings. *MRS Advances*, *3*(42-43), 2689-2696. https://doi.org/10.1557/adv.2018.167

XVI. Siddique, R. H., Gomard, G., & Hölscher, H. (2015). The role of random nanostructures for the omnidirectional anti-reflection properties of the glasswing butterfly. *Nature Communications*, *6*(1), 1. https://doi.org/10.1038/ncomms7909

XVII. Singer, A., Boucheron, L., Dietze, S. H., Jensen, K. E., Vine, D., McNulty, I., Dufresne, E. R., Prum, R. O., Mochrie, S. G. J., & Shpyrko, O. G. (2016). Domain morphology, boundaries, and topological defects in biophotonic gyroid nanostructures of butterfly wing scales. *Science Advances*, *2*(6), e1600149. https://doi.org/10.1126/sciadv.1600149

XVIII. Sivasankaran, P. N., Ward, T. A., Salami, E., Viyapuri, R., Fearday, C. J., & Johan, M. R. (2017). An experimental study of elastic properties of dragonfly-like flapping wings for use in biomimetic micro air vehicles (BMAVs). *Chinese Journal of Aeronautics*, *30*(2), 726-737. https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.02.011

XIX. Suzuki, T. K., Tomita, S., & Sezutsu, H. (2018). Multicomponent structures in camouflage and mimicry in butterfly wing patterns. *Journal of Morphology*, *280*(1), 149-166. https://doi.org/10.1002/jmor.20927

XX. Ţălu, Ş., Morozov, I. A., Sobola, D., & Škarvada, P. (2018). Multifractal Characterization of Butterfly Wings Scales. *Bulletin of Mathematical Biology*, *80*(11), 2856-2870. https://doi.org/10.1007/s11538-018-0490-7

Formación de complejos amilosa-lípidos en pozole.

Dorantes Campuzano M.F.[1,*] Gaytán-Martínez M.[2], Palacios-Rojas N.[3], Cabrera-Ramírez A.H[4].

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. [2] Universidad Autónoma de Querétaro, Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos (PROPAC). [3] Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). [4] Instituto Politécnico Nacional. CICATA-IPN Unidad Querétaro.
*ferdorantescam@gmail.com

Resumen

Introducción. El maíz forma parte de la dieta mexicana. El cereal se consume de diversas formas, una de ellas es una sopa tradicional conocida como pozole. La preparación del pozole inicia con la nixtamalización del maíz, que causa cambios en el gránulo de almidón; después de este proceso, el grano nixtamalizado se somete nuevamente a cocción, añadiendo carne de cerdo, la cual se ha reportado puede contener entre 6-15% de grasa. Se ha reportado que durante la cocción del grano nixtamalizado con grasa puede llevarse una formación de complejos amilosa-lípidos, también conocidos como almidón resistente 5 (AR5). El AR5 modifica las propiedades funcionales y nutricionales del maíz. **Objetivo.** El presente estudio tuvo como objetivo determinar las propiedades térmicas, reológicas y morfológicas del maíz Cacahuacintle después de nixtamalizar y durante la elaboración de pozole, así como el contenido de AR5. **Metodología.** Se usó maíz Cacahuacintle, variedad más utilizada en la elaboración de este platillo. El maíz fue nixtamalizado (1% de $Ca(OH)_2$) y sometido a cocción con cuatro niveles de manteca de cerdo (0, 6, 8 y 10%). **Resultados.** Los resultados mostraron un aumento en el contenido de almidón resistente (AR) directamente proporcional al porcentaje de grasa añadida. El perfil de viscosidad se vio afectado por la adición de grasa y la formación AR5. Las muestras con grasa añadida mostraron endotermas características de complejos amilosa-lípidos. **Conclusión.** La adición de grasa animal durante la elaboración de pozole tuvo un efecto significativo en la formación de AR5.

Palabras clave: *Maíz Cacahuacintle, pozole, almidón, complejos amilosa-lípidos.*

Abstract

Introduction. Maize is part of the Mexican diet. The cereal is eaten in various ways, one of which is a traditional soup known as pozole. The preparation of pozole begins with the maize's nixtamalization, which causes changes in the starch granule. After this process, the nixtamalized grain is cooked again, adding pork meat, which has been reported to contain between 6-15% fat. It has been reported that during the cooking of the nixtamalized grain with fat, a formation of amylose-lipid complexes, also known as resistant starch 5 (AR5), may occur. AR5 modifies the functional and nutritional properties of corn. **Objective.** The present study aimed to determine the thermal, rheological, and morphological properties of Cacahuacintle maize after nixtamalization and during the production of pozole and determine the content of AR5. **Methodology.** Cacahuacintle maize was used, the variety most used in the preparation of this dish. The maize was nixtamalized (1% Ca (OH) 2) and cooked with four levels of pork fat (0, 6, 8, and 10%). **Results.** The results showed an increase in resistant starch (AR) content directly proportional to the added fat percentage. The viscosity profile was affected by the addition of fat and the AR5 formation. Pozole samples with fat showed characteristic endotherms of amylose-lipid complexes. **Conclusion.** The addition of fat during the production of pozole had a significant effect on the formation of AR5.

Word keys: *Cacahuacintle maize, pozole, starch, amylose-lipid complex.*

Introducción

El maíz es considerado un alimento básico en la dieta de los mexicanos, debido a que representa la mitad del volumen total de alimentos consumidos cada año; además, suministra la mitad de las calorías consumidas diariamente. Existen diferentes alimentos cuya base es el maíz, uno de los más importantes es el pozole, del náhuatl *pozolli*, "espumoso", de *pozol* "espuma" consiste en una sopa de maíz con carne de puerco, que puede ir acompañada con verduras. En el país, se conocen aproximadamente 16 variedades de maíz utilizadas para la preparación de pozole, de las cuales el maíz Cacahuacintle destaca, debido a su nicho ecológico específico y a sus características, ya que tiene un alto contenido de endospermo harinoso que le da la suavidad a su grano (Vázquez-Carrillo et al., 2017).

Durante la elaboración del pozole, el grano de maíz es sometido a una nixtamalización, que consiste en la cocción del maíz en una solución alcalina, la cual conlleva cambios en el grano de maíz, que afecta tanto las propiedades fisicoquímicas como propiedades nutricionales del grano (Preciado-Ortiz et al., 2018). Durante la elaboración del pozole se puede formar almidón resistente del tipo 3 (almidón retrogradado) o tipo 5 (complejos amilosa-lípidos). El almidón resistente ha ganado importancia en los últimos años debido a que no es hidrolizado enzimáticamente en el intestino delgado por lo que continúa su trayecto hacia el colón, en donde es fermentado por la microbiota del organismo humano, generando como productos ácidos grasos de cadena corta que aportan beneficios a la salud del consumidor (Santiago-Ramos et al., 2015). Es por eso que el objetivo del presente proyecto fue determinar la formación de AR durante la elaboración de pozole, así como su efecto en las propiedades térmicas, reológicas y morfológicas del maíz Cacahuacintle al adicionar grasa animal.

Metodología

Proceso de nixtamalización

Un kilogramo de maíz Cacahuacintle se sometió a cocción en 2 L de agua y 1 % de $Ca(OH)_2$ (p/p). El tiempo de cocción fue definido según su índice de flotación (25 min a una temperatura de 94°C). Posteriormente se dejó en reposo por 16 h a temperatura ambiente. El grano nixtamalizado fue lavado para eliminar el exceso de $Ca(OH)_2$.

Preparación de pozole

Para la elaboración del pozole se dejó hervir el maíz previamente nixtamalizado con agua (1:3) por 2 h, adicionándole cuatro niveles de grasa animal (manteca de cerdo), los porcentajes adicionados fueron 0, 6, 8 y 10%. Una vez obtenido el pozole, se separó el caldo del grano. El grano se deshidrató en un horno de circulación forzada a 50°C por 12 h. Posteriormente se guardó en bolsas de polietileno hasta su posterior análisis.

Microestructura del grano de maíz

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido ambiental ESEM XL30 Philips con módulo de bajo vacío, usando el haz de electrones ajustado a aproximadamente 20kV y 50 µA aproximadamente. Se tomaron imágenes a 100 y 50 µm con 450 y 1250 X respectivamente, 1 torr, con un detector GSE con "spotsize" de láser de 4.6 a 5.0 (Robles-Ozuna et al., 2016).

Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas del maíz crudo, nixtamal y pozole, se determinaron en base a la metodología propuesta por Santiago-Ramos et al. (2015), con algunas modificaciones. Se usó un calorímetro diferencial de barrido (DSC) de la marca Mettler Toledo Modelo 821. Se colocó la muestra molida y cribada en una malla US 60 (250 µm), en una charola de aluminio, se agregó agua destilada hasta alcanzar una humedad de 60%. La charola se selló con una prensa Mettler Toledo (ME-00119410) y se sometió a un perfil de temperatura de 30 a 160°C, a razón de 10°C por minuto. Se registraron las temperaturas inicial (To), pico (TP) y final (Te) así como la entalpía de gelatinización (ΔH) y de fusión de los complejos amilosa-lípidos formados durante el procesamiento.

Propiedades reológicas

Se siguió la metodología reportada por Mariscal-Moreno et al. (2015) con ligeras modificaciones, usando un reómetro (Anton Paar Physica Modelo

MCR-101, Austria). La muestra se suspendió en 18 mL de agua destilada. La mezcla agua-muestra se mantuvo a 50°C por 2 min para estabilizar la temperatura y asegurar una dispersión uniforme. Posteriormente se sometió a una isoterma de calentamiento de 50 a 92°C durante 8.4 min, manteniendo por 5 min una temperatura de 92°C, finalmente la muestra se enfrió hasta 50°C a -5.8°C/min. Con esta prueba se obtuvieron viscoamilogramas, con los cuales se determinó: temperatura de pastificado (pasting) (ºC), viscosidad máxima, tiempo (s) y temperatura de viscosidad máxima, viscosidad mínima y viscosidad final(cP).

Almidón resistente

El contenido del almidón resistente se determinó de acuerdo con la AACC (2002) con el método 32-40.01 utilizando un kit de Megazyme®.

Análisis estadístico

Se realizaron dos réplicas por tratamiento y dos repeticiones de cada réplica. Las diferencias estadísticas se observaron al aplicarse un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, se evaluó una variable numérica (cuatro niveles de grasa), a un nivel de significancia de 95% (α=0.05). Se utilizó una prueba Tukey (comparaciones múltiples) para encontrarse diferencias significativas entre tratamientos.

Resultados

Microestructura y morfología del gránulo de almidón

En la Figura 1 se presentan las micrografías del maíz Cacahuacintle en las diferentes etapas del proceso, para la obtención del pozole. En el maíz sin tratamiento (Figura 1a) se observaron gránulos de almidón esféricos y con espacios intragranulares. Al someter el maíz a la nixtamalización, no se observó daño en la estructura de los gránulos de almidón, sin embargo, se presentó una disminución en la matriz proteica (Figura 1b).

En el nixtamal así como en la cocción sin grasa se observó un aumento del tamaño del gránulo de almidón. La muestra con 6% de grasa mostró gránulos de almidón más compactos. En las muestras cocidas con 8 y 10% de grasa se observó una capa de grasa superficial en los gránulos de almidón, sin embargo, los gránulos preservaron su forma esférica.

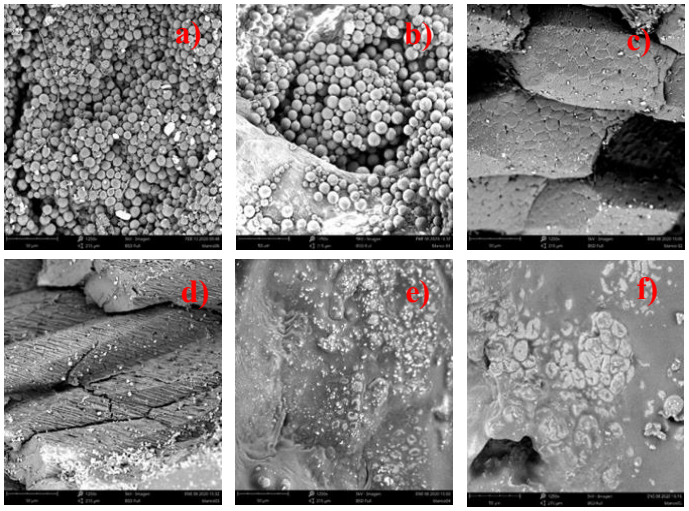


Figura 1. Micrografías del maíz Cacahuacintle: crudo (a), nixtamalizado (b), cocido con 0% (c), 6% (d), 8% (e) y 10% (f) de manteca de cerdo.

Propiedades térmicas

En la Tabla 1 se presentan los datos obtenidos de las endotermas de gelatinización de los diferentes tratamientos. El maíz sin tratamiento mostró un rango de temperaturas de 60.15-78.07°C con una entalpía de 6.28 J/g. Al someter el maíz a nixtamalización se observó un aumento en el rango de temperatura de la endoterma, ya que se presentó entre 67.22-92.53°C con una entalpía de 1.08 J/g.

Tabla 1. Propiedades térmicas de maíz Cacahuacintle crudo, nixtamalizado y cocido con adición de grasa.

	Gelatinización			
T	T_{og} (°C)	T_{pg} (°C)	T_{eg} (°C)	ΔH_1 (J/g)
C	60.15	69.27	78.07	6.28
Nixt	67.22	75.2	92.53	1.08
0	45.9	62.9	72.55	0.35
6	53.77	57.21	60.31	1.04
8	75.28	75.84	78	0.13
10	ND	ND	ND	ND

T: tratamiento; ND: No detectado; To: temperatura inicial de gelatinización; Tp: temperatura pico de gelatinización; Te: temperatura final; ΔH: entalpía; C: crudo; Nixt: nixtamalizado.

Al someter las muestras a una cocción y adición de grasa se observó que el rango de temperaturas de la endoterma correspondiente a la gelatinización de los gránulos de almidón disminuyó, mientras que en la muestra con 10% de grasa añadida no se presentó.

En la Tabla 2 se muestran las endotermas correspondientes a la fusión de complejos amilosa-lípidos. Únicamente se observó dicha endoterma en muestras adicionadas con grasa, es decir, el pozole. En el caso de la endoterma correspondiente a la fusión de complejos amilosa-lípidos del tipo I se observó un rango de temperaturas entre 85-98°C.

Los complejos amilosa-lípidos tipo II se subdividen en tipo IIa y tipo IIb, los primeros tuvieron un rango de endoterma entre 106-128°C, mientras que los segundos presentaron un rango de temperatura de 131-154°C.

Tabla 2. Propiedades térmicas de maíz Cacahuacintle cocido con adición de grasa.

Complejos amilosa-lípidos I				
T	**T_{of} (°C)**	**T_{pf} (°C)**	**T_{ef} (°C)**	**ΔH_2 (J/g)**
6	85.63	94.91	98.87	0.14
8	84.67	88.16	98.26	0.39
10	85.67	88.07	92.92	0.21
Complejos amilosa-lípidos IIa				
T	**T_o (°C)**	**T_p (°C)**	**T_e (°C)**	**ΔH (J/g)**
6	106.77	109.39	128.77	0.44
8	ND	ND	ND	ND
10	135.35	136.37	139.85	0.1
Complejos amilosa-lípidos IIb				
T	**T_o (°C)**	**T_p (°C)**	**T_e (°C)**	**ΔH (J/g)**
6	131.33	132.62	136.45	0.03
8	ND	ND	ND	ND
10	147.12	149.36	154.42	0.56

T: tratamiento; ND: No detectado; To: temperatura inicial de gelatinización; Tp: temperatura pico de gelatinización; Te: temperatura final; ΔH: entalpía.

En cuanto a la entalpía de las muestras, se observó que en el caso de los complejos amilosa-lípidos tipo IIa hubo una disminución a medida que se aumentaba el porcentaje de grasa añadida; por otro lado, en el caso de los complejos amilosa-lípidos tipo IIb hubo un aumento de entalpía al aumentar el contenido de grasa añadida.

Propiedades reológicas

El efecto de la adición de grasa en las propiedades reológicas del maíz Cacahuacintle se muestra en la Figura 2 (líneas de colores). En el cuadro incluido la línea negra corresponde a la muestra cruda, mientras que la muestra nixtamalizada se identifica con la línea roja.

La muestra nixtamalizada mostró una menor viscosidad en comparación con la muestra sin tratamiento. Al someter las muestras a una cocción se observó una disminución significativa de viscosidad máxima en comparación con la muestra nixtamalizada y sin tratamiento. A medida que se aumentó la concentración de grasa en pozole se observó un incremento en la temperatura de pasta y por ende un mayor tiempo para que el grano gelatinice. En cuanto a la viscosidad máxima se observó una ligera disminución de este parámetro al someter la muestra a una nixtamalización.

En las muestras adicionadas con grasa se observó que al aumentar el porcentaje de grasa añadida se presentó una disminución de los valores de viscosidad máxima, excepto en la muestra con 6% de grasa.

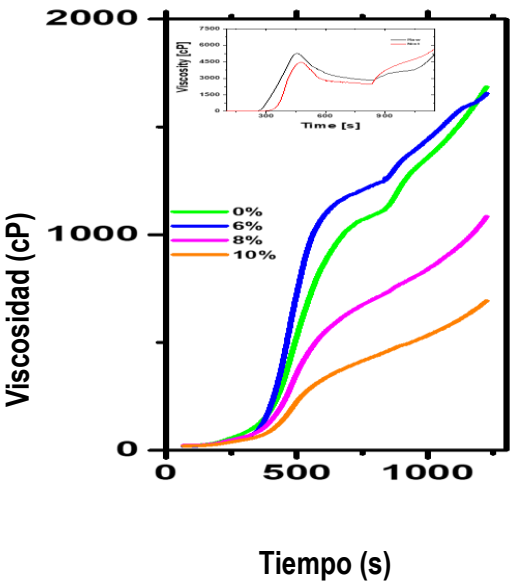


Figura 2. Perfil viscoamilográfico de maíz Cacahuacintle.

Se observó un comportamiento similar en la viscosidad final, es decir, a mayor porcentaje de grasa añadida durante la elaboración del pozole se presentó una diminución de este parámetro.

Almidón resistente

En la Figura 3, se muestran los resultados de almidón resistente (AR) en los tratamientos. Se observa que el tratamiento aplicado tuvo un efecto significativo en la cantidad de AR.

El grano crudo presentó un contenido de AR de 0.57 ± 0.09%, al nixtamalizar el grano se observó un incremento de casi el doble del contenido inicial (1.01 ± 0.12%). Por otro lado la muestra sometida a cocción sin adición de grasa fue una de las muestras con mayor aumento de AR (2.53 ± 0.01%).

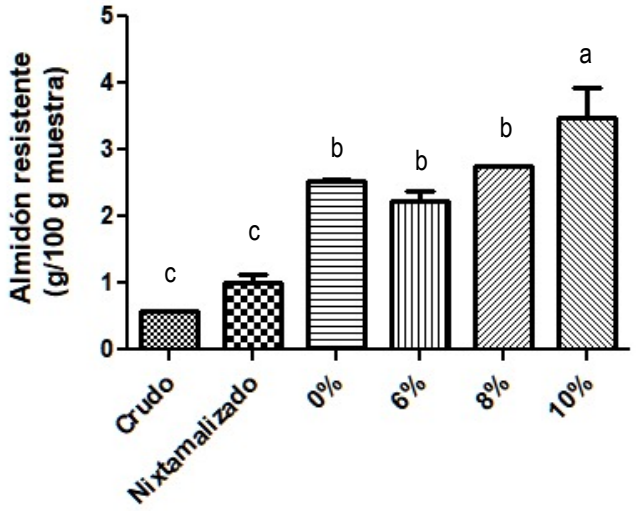


Figura 3. Contenido de almidón resistente en Cacahuacintle: maíz crudo, nixtamalizado y pozole con grasa añadida.

La adición de grasa en pozole tuvo efecto en el contenido de AR. Los valores estuvieron entre 2.21 ± 017% para la muestra con 6% de grasa en tanto que se tuvo un 3.46 ± 0.45% de AR para la muestra con 10% de grasa añadida.

Discusión

Microestructura y morfología del gránulo de almidón

El maíz Cacahuacintle crudo presentó una forma esférica y con espacios intraganulares lo que concuerda con lo reportado en literatura para maíces suaves, ya que generalmente éstos presentan una forma esférica con un mayor número de espacios intragranulares, mientras que los gránulos de almidón en endospermo duro pueden presentar forma poligonal con pocos espacios intragranulares, por lo que se ha relacionado la forma de los gránulos de almidón con la dureza del grano de maíz (Robles-Ozuna et al., 2016). Se ha reportado que la fuerza de adhesión entre la proteína y el almidón es suficientemente fuerte para que los gránulos estén más próximos unos de otros, al aumentar la dureza en el maíz. La forma esférica de los gránulos de almidón en endospermo suave, es característica de los maíces destinados para obtener pozole, lo cual se relaciona con la textura suave, mayor porosidad, y aumento de hinchamiento en el producto final (Robles-Ozuna et al., 2016).

En la Figura 1 se observa el cambio en la microestructura del gránulo de almidón del maíz Cacahuacintle al ser sometida a un proceso de nixtamalización, cocción y diferentes niveles de grasa. Al nixtamalizar el maíz Cacahuacintle (Figura 1b), no se observó un daño en la estructura de los gránulos de almidón, sin embargo, se observó un desprendimiento de la matriz proteica, además de un menor tamaño en los gránulos esféricos del almidón.

En la muestra con 0% de grasa añadida (Figura 1c), se observó un daño en los gránulos de almidón debido al tratamiento térmico aplicado. Los gránulos de almidón presentan espacios intragranulares más reducidos, en comparación con la muestra cruda, esto se puede atribuir al hinchamiento de los mismos (Cornejo-Villegas et al., 2017). Por otro lado, en la muestra con 6% de grasa (Figura 1d) se observó una estructura poligonal en la cual no se distinguen los gránulos de almidón, esto puede deberse a una desintegración de los mismos y como consecuencia a una pérdida de su estructura esférica. Finalmente, en la muestra con 8% (Figura 1e) y con 10% (Figura 1f) de grasa se observó una capa superficial de ésta en los gránulos de almidón recubriéndolos por completo; sin embargo, aún se puede distinguir la forma esférica de los mismos. Cervantes-Ramírez et al. (2020), reportaron una capa similiar de grasa depositada alrededor de los gránulos de almidón al tratar almidón aislado con ácido esteárico (5 y 10%), lo que afecta las propiedades de pasta y térmicas del biopolímero.

Propiedades térmicas

La nixtamalización tuvo efecto significativo en las propiedades térmicas. En muestras nixtamalizadas la endoterma de gelatinización incrementó de 7, 6 y 14°C en To, Tp y Te, respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado en la literatura, en donde el aumento de la temperatura de gelatinización puede ser causado por una alteración en la estructura del almidón debido al *annealing* que sufren los gránulos de almidón al someterlos a un tratamiento térmico-alcalino (Mariscal-Moreno et al., 2015; Santiago-Ramos et al., 2018). En contraste, hubo una disminución de la entalpía de gelatinización del maíz nixtamalizado en comparación con el maíz sin tratamiento (Tabla 1). Lo anterior puede ser atribuido a la gelatinización parcial de los gránulos de almidón de la periferia del grano de maíz durante la nixtamalización.

La adición de grasa mostró tener un efecto significativo en la temperatura de gelatinización en las muestras sometidas a cocción. El rango de temperatura fue de 45-72°C para pozole sin grasa añadida y de 53-79°C para pozole con adición de grasa (6 y 8%). Esta disminución de temperatura se puede atribuir a que la endoterma corresponde a la fusión de cadenas de amilopectina retrogradada, lo que concuerda con lo reportado por Santiago-Ramos et al., (2017).

Se ha reportado que los complejos amilosa-lípidos pueden ser de tres tipos, los cuales se diferencian por su temperatura de disociasión. En los tratamientos con adición de grasa se observaron tres endotermas correspondientes a dichos complejos. La primera en un rango de temperatura de 83-98°C (Tabla 2). Esta endoterma se atribuye a la disociación de complejos amilosa-lípidos tipo I, los cuales se ha reportado que tienen una temperatura de fusión inferior a 100°C (Mariscal-Moreno et al., 2017). Respecto a la entalpía de disociación de complejos amilosa-lípidos I, se observó un rango de 0.14-0.39 J/g. La entalpía de disociación de complejos amilosa-lípidos se ha asociado a la cantidad de complejos formados en la muestra (Santiago-Ramos et al., 2017).

Los complejos amilosa-lípidos tipo II tienen una temperatura de fusión superior a los 100°C y se dividen en tipo IIa y IIb de acuerdo a su nivel de orden, siendo el segundo el complejo con mayor orden y estabilidad (Santiago-Ramos et al., 2015). La endoterma correspondiente a los complejos tipo IIa se presentó en las muestras con 6 y 10% de grasa añadida, el rango de temperatura fue de 106-139°C y la entalpía se encontró entre 0.1-0.44 J/g. Los resultados concuerdan con lo reportado en tamales por Mariscal-Moreno et al. (2017), en donde la endoterma para dichos complejos se presenta entre 110-124°C con una entalpía de 0.27 J/g. En base con lo anterior se podría sugerir una mayor formación de complejos tipo IIa durante la elaboración del pozole usando maíz Cacahuacintle.

La endoterma correspondiente a los tipos IIb se observó en un rango de temperatura de 131-154°C. Además, se presentó un incremento de entalpía de fusión de complejos tipo IIb al aumentar el contenido de grasa, lo que podría indicar que a medida que aumenta el contenido de grasa se favorece la formación de complejos amilosa-lípidos tipo IIb. De acuerdo con Luo et al. (2020) la formación de estos complejos no solo depende del tipo de lípido adicionado, sino que el tratamiento térmico tiene un efecto importante en la formación, ya que al aumentar el tiempo del tratamiento térmico, se verá favorecida la formación de complejos tipo II con ácidos grasos de cadena larga.

Propiedades reológicas

El aumento de la temperatura de pasta se asocia con un incremento en la estabilidad del gránulo de almidón ante un colapso, es decir, es necesaria una mayor temperatura para gelatinizar el almidón (Mariscal-Moreno et al., 2017). Estos resultados concuerdan con lo observado en DSC (Tabla 1), en donde el aumento de la temperatura de gelatinización se asoció a una alteración en la estructura del almidón causada por el *annealing*.

Las muestras nixtamalizadas presentaron menor viscosidad máxima comparada con las muestras de maíz crudo *($p<0.05$)*. La disminución de los valores de viscosidad durante la nixtamalización se ha atribuido a diferentes factores, como lo es la interacción de cadenas amilosa-amilosa, amilosa-amilopectina y la formación de complejos amilosa-lípidos que reducen la capacidad de los gránulos de

almidón de absorber y retener agua (Santiago-Ramos et al., 2018). La adición de grasa al pozole presentó un efecto significativo ($p<0.05$) en la viscosidad máxima y final de las muestras. Las muestras de pozole con grasa añadida mostraron una menor viscosidad en comparación con las muestras de pozole sin adición de grasa (Figura 2, línea verde), excepto en 6%. Cornejo-Villegas et al. (2017) reportan que la desintegración de los gránulos de almidón debido a las altas temperaturas causa un aumento en la viscosidad aparente, lo que concuerda con lo obtenido en la variedad Cacahuacintle con 6% de grasa que mostró una mayor viscosidad en comparación con el resto de los tratamientos que se puede relacionar con lo observado en SEM (Figura 1d).

Un decremento de viscosidad máxima y final fue observado a medida que el porcentaje de grasa aumentó. Lo que se puede deber a diferentes causas. La primera se puede atribuir a que la grasa impide la entrada del agua a los gránulos de almidón, lo que podría relacionarse con las micrografías de las muestras de pozole con mayor contenido de grasa (Figura 1), en donde una capa superficial de grasa se observó. Por otro lado, la formación de complejos amilosa-lípidos va a influir en la viscosidad que presenten las muestras, ya que estos complejos disminuyen la capacidad del grano de absorber agua (Santiago-Ramos et al., 2015).

Almidón resistente

En cuanto a los resultados de las muestras crudas, el contenido de almidón resistente (AR) se asoció principalmente al tipo 1 (físicamente inaccesible) y tipo 2 (almidón nativo), el cual se encuentra generalmente en granos enteros (Santiago-Ramos et al., 2015).

En la muestra nixtamalizada se observó un incremento significativo de AR respecto al maíz crudo (1.01±0.12%). El incremento de AR al nixtamalizar el maíz se puede atribuir principalmente a la formación de AR3 (almidón retrogradado), y en menor medida a la formación de AR4 (químicamente modificado) debido a la adición de hidróxido de calcio durante la nixtamalización, así como al AR5 (complejos amilosa-lípidos) (Santiago-Ramos et al., 2015; Figueroa et al., 2016; Villada et al., 2017). Se ha reportado que el maíz es el único cereal que tiene la habilidad de formar complejos amilosa-lípidos durante el *annealing*, debido a la entrada de lípidos superficiales del grano de maíz al interior del gránulo de almidón (Santiago-Ramos et al., 2015).

El contenido de AR en la muestra cocida sin adición de grasa aumentó lo que se asocia a la formación de AR3 (retrogradado), lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en las propiedades térmicas observadas (Tabla 2 y 3).

Finalmente, en las muestras de pozole con grasa añadida se observó un aumento de AR al aumentar el contenido de grasa añadida. En las muestras con mayor contenido de grasa (8-10%) se observó un mayor contenido de AR, que puede atribuirse a la formación de complejos amilosa-lípidos. Jang et al. (2017) reportan que el contenido de grasa aproximado en la carne de cerdo fluctúa entre 4-12%, valores que fueron usados en el presente trabajo para adicionar al pozole.

Para que el cuerpo humano adquiera los beneficios de la ingesta de AR, se ha reportado que una ingesta estimada de 10-20% del total de carbohidratos consumidos diariamente debe ser en forma de AR, sin embargo, la mayoría de los productos comerciales contienen menos del 5%. Un consumo superior al 5% ha demostrado un aumento de oxidación de lípidos en el organismo, por lo tanto, disminuye la acumulación de grasa en un entorno a largo plazo (Ashwar et al., 2015). A pesar de eso, el porcentaje de AR encontrado en pozole (3.4-3.5%) es superior al reportado para otros alimentos de la vida cotidiana como las tortillas (3.1%) (Santiago-Ramos et al., 2015) o tradicionales como los tamales (3.2%) (Mariscal-Moreno et al., 2017); además en un plato de pozole se tendrían diferentes tipos de almidón resistente: AR3 (almidón retrogradado), AR4 (almidón químicamente modificado) y AR5 (complejos amilosa-lípidos). Por lo que el pozole puede considerarse una fuente de AR, dependiendo del contenido de grasa que se adicione durante su elaboración.

Conclusiones

Las muestras con grasa añadida mostraron la endoterma característica de complejos amilosa-

lípidos tipo I (83-96°C), complejos tipo IIa (106-132°C) y tipo IIb (131-146°C). Además, el contenido de grasa añadida mostró tener un efecto sobre la viscosidad de las muestras, ya que se observó un decremento en este parámetro al aumentar el contenido de grasa asociándose a la formación de complejos amilosa-lípidos.

El contenido de AR en las muestras nixtamalizadas de maíz Cacahuacintle fue el doble comparado con el maíz crudo. El aumento se atribuyó a la interacción de las cadenas de amilosa con los lípidos presentes naturalmente en el grano de maíz.

Durante la elaboración del pozole se presentó un aumento en el contenido de AR directamente relacionado con el incremento en la grasa añadida. De acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje de grasa óptimo para la mayor formación de complejos amilosa-lípidos (AR5) es 10%, el cual se puede relacionar con el contenido de grasa que generalmente presenta la carne de cerdo añadida durante la elaboración de este platillo.

Debido a las nuevas tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años, ha ido en aumento el interés en el consumo de alimentos que, además de aportar valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas. Es importante difundir los beneficios que pueden tener platillos que son tradicionales de México, cuyo consumo ha disminuido en los últimos años, de los cuales, el pozole es un claro ejemplo, ya que al hacerlo, además de conservar una de las tradiciones más antiguas del mexicano, se ingiere un contenido importante de AR que es considerado como prebiótico.

Bibliografía

AACC. 2002. International Approved Methods. 11th Ed. Official Method 32-40.01. Resistant Starch in Starch Samples and Plant Materials.

Ashwar B.A., Gani A., Shah A., Wani I.A. y Masoodi F.A. (2015). Preparation, health benefits and applications of resistant starch-a review. *Starch – Stärke, 68 (3-4),* 287-301.

Cervantes-Ramírez J.E., Cabrera-Ramírez A.H., Morales-Sánchez E., Rodríguez-García M.E., Reyes-Vega M.L., Ramírez-Jiménez A.K., Contreras-Jiménez B. y Gaytán-Martínez M. (2020). Amylose-lipid complex formation from extruded maize starch mixed with fatty acids. *Carbohydrate Polymers, 246*, 1-10.

Cornejo-Villegas M.A., Rincón-Londoño N., Del Real A. y Rodríguez-García M.E. (2017). The effect of Ca^{2+} ions on the pasting, morphological, structural, vibrational, and mechanical properties of corn starch-water system. *Journal of Cereal Science, 79,* 174-182.

Figueroa-Cárdenas J.D., Véles-Medina J.J., Esquivel-Martínez A.M., Mariscal-Moreno R.M., Santiago-Ramos D. y Hernández-Estrada Z.J. (2016). Effect of processing procedure on the formation of resistant starch in tamales. *Starch, 68*, 1-8.

Jang H.L., Park S.Y., Lee J.H., Hwang M.J., Choi Y., Kim S.N., Kim J., Hwang J., Seo D y Nam J.S. (2017). Comparison of fat content and fatty acid composition in different parts of Korean Beef and Pork. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 46(6),* 703-708.

Luo S., Zeng Z., Mei Y., Huang K., Wu J., Liu C. y Hu X. (2020). Improving ordered arrangement of the short-chain amylose-lipid complex by narrowing molecular weight distribution of short-chain amylose. *Carbohydrate Polymers, 240, 116359.*

Mariscal-Moreno R.M., Figueroa J.D., Santiago-Ramos D., Arámbula-Villa G., Jiménez-Sandoval S., Rayas-Duarte P., Velés-Medina J.J. y Martínez-Flores H.E. (2015). The effect of different nixtamalisation process on some physicochemical properties, nutritional composition and glycemic index. *Journal of Cereal Science, 65,* 140-146.

Mariscal-Moreno R.M., Figueroa-Cárdenas J.D., Santiago-Ramos D., RayasDuarte P., Velés-Medina J.J. y Martínez-Flores H.E. (2017). Nixtamalization process affects resistant starch formation and glycemic index of Tamales. *Journal of Food Science, 82,* 110-115.

Preciado-Ortiz R.E., Vázquez-Carrillo M.G., Figueroa-Cárdenas J.D., Guzmán-Maldonado S.H., Santiago-Ramos D. y Topete-Betancourt A. (2018). Fatty acids and starch properties of high-oil corn hybrids during nixtamalization and tortilla-making process. *Journal of Cereal Science, 83,* 171-179.

Robles-Ozuna L.E., Ochoa-Martínez L.A., Morales-Castro J., Gallegos-Infante J.A., Quintero-Ramos A. y Madera-Santana T.J. (2016). Effect of nixtamalization conditions ultrasound assisted on some physicochemical, structural and quality characteristics in maize used for pozole. *Journal of Food, 14,* 324-332.

Santiago-Ramos D., Figueroa-Cárdenas J. de D., Véles-Medina J.J., Mariscal-Moreno R.M, Reynoso-Camacho R., Ramos-Gómez M., Gaytán-Martínez M. y Morales-Sánchez E. (2015). Resistant starch formation in tortillas from an ecological nixtamalization process. *Cereal Chemistry*, 185-192.

Santiago-Ramos D., Figueroa-Cárdenas J.D., Véles-Medina J.J. y Mariscal-Moreno R.M. (2017). Changes in the thermal and structural properties of maize starch during nixtamalization and tortilla-making processes as affected by grain hardness. *Journal of Cereal Science, 74,* 72-78

Santiago-Ramos D., Figueroa-Cárdenas J.D., Mariscal-Moreno R.M., Escalante-Aburto A., Ponce-García N. y Véles-Medina J.J. (2018). Physical and chemical changes undergone by pericarp and endosperm during corn nixtamalization-A review. *Journal of Cereal Science, 81,* 108-117.

Vázquez-Carrillo M.G., Santiago-Ramos D., Domínguez-Rendón E. y Audelo-Benitez M.A. (2017). Effects of two different pozole

preparation processes on quality variables and pasting properties of processed maize grain. *Journal of Food Quality, 2017.*

Villada J.A., Sánchez-Sinencio F., Zelaya-Ángel O., Gutiérrez-Cortez E. y Rodríguez García M.E. (2017). Study of the morphological, structural, thermal and pasting corn transformation during the nixtamalization process: From corn to tortilla. *Journal of Food Engineering, 212,* 242-251.

Bioaccesibilidad y biosíntesis de cronobióticos de pistache

Dufoo-Hurtado Elisa[1]; Loarca-Piña Ma. Guadalupe Flavia[1]; Wall-Medrano Abraham[2]; Campos-Vega Rocio[1*]

[1]Facultad de Química, Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la Republica (PROPAC), Universidad Autonóma de Querétaro, Querétaro,76010, México
[2]Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Anillo Envolvente del Pronaf y Estocolmo s/n, CP 32310, Cd. Juárez, Chihuahua, México

Resumen

La cronodisrupción conduce al desarrollo de sobrepeso y obesidad, enfermedades de alta incidencia en México. Ha sido reportado que los alimentos alivian la cronodisrupción a través de compuestos comúnmente conocidos como cronobióticos. Los pistaches son ricos en fito-melatonina (FMT), compuestos fenólicos (PC) y fibra dietaria, posicionando a esta nuez como un alimento con potencial cronobiótico. Sin embargo, la evidencia y la investigación al respecto son limitadas. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la bioaccesibilidad y biosíntesis de cronobióticos de pistache durante la digestión gastrointestinal y colónica *in vitro*. Muestras de pistache con y sin piel fueron sometidas a una caracterización química, nutracéutica, digestión gastrointestinal y fermentación colónica *in vitro*. Los pistaches son una buena fuente de lípidos (> 50%), proteínas (> 20%) y fibra dietaria (13%). Los pistaches con piel presentaron mayor contenido de PC, flavonoides, capacidad antioxidante y FTM. También presentaron el mayor contenido de fibra dietaria (13.2%), lo que se relaciona con su mayor producción total de ácidos grasos de cadena corta (51 mmol/L), particularmente ácido butírico (>50%), un potente cronobiótico. La máxima bioaccesibilidad de FTM para ambas muestras se dio en la etapa intestinal, donde además es altamente permeable . En el colon se generaron metabolitos específicos con potencial cronobiótico dependiente de la muestra. Los pistaches con piel podrían modular relojes periféricos por su contenido, bioaccesibilidad y biosíntesis de compuestos cronobióticos, siendo una alternativa nueva y saludable para el control de peso.

Palabras clave: Obesidad, reloj circadiano, crononutrición, pistaches

Abstract

Chronodisruption leads to the development of overweight and obesity, diseases of high incidence in Mexico. Food has been reported to alleviate chronodisruption through compounds commonly known as chronobiotics. Pistachios are rich in phyto-melatonin (FMT), phenolic compounds (PC), and dietary fiber, positioning this nut as food with chronobiotic potential. However, the evidence and research on this are limited. This work aimed to evaluate the bioaccessibility and biosynthesis of pistachio chronobiotics during gastrointestinal digestion and *in vitro* fermentation. Pistachio samples with and without skin were subjected to chemical characterization, nutraceuticals, gastrointestinal digestion, and *in vitro* colonic fermentation. Pistachios are a good source of lipids (> 50%), proteins (> 20%), and dietary fiber (13%). The pistachios with skin presented higher content of PC, flavonoids, antioxidant capacity, and FTM. They also had the highest dietary fiber content (13.2%), which is related to their greater total production of short-chain fatty acids (51 mmol / L), particularly butyric acid (> 50%), a powerful chronobiotic. FTM's maximum bioaccessibility for both samples occurred in the intestinal stage, where it is also highly permeable. Specific metabolites with sample-dependent chronobiotic potential were generated in the colon. Pistachios with skin could modulate peripheral clocks due to their content, bioaccessibility, and biosynthesis of chronobiotic

*Autor de correspondencia: *Tel: 4421921304*
Direcciones e-mail: elisadufoo@msn.com; loarca@uaq.mx; awall@uacj.mx; chio_cve@yahoo.com.mx*

compounds, being a new healthy alternative for weight control.

Keywords: Obesity, circadian clock, chrononutrition, pistachios

Introducción

La obesidad es un problema de salud pública en todo el mundo, incluido México, donde siete de cada diez adultos (≥ 20 años) padecen sobrepeso y/o obesidad (Shamah-Levy et al., 2020). Estos padecimientos son considerados como una enfermedad crónica-multifactorial que involucra diversos factores incluyendo factores genéticos, fisiológicos, dietéticos y ambientales (Shamah-Levy et al. 2020). Sin embargo, estudios recientes han destacado el papel de la microbiota intestinal y el reloj circadiano como factores importantes que afectan el metabolismo energético y favorecen la ganancia de peso (Anhê et al., 2015).

La disbiosis intestinal es una alteración en la microbiota colónica, en la cual se presenta un desbalance en el equilibrio microbiano de la microbiota normal, debido a un cambio en la distribución de las poblaciones y por lo tanto de sus metabolitos producidos. Se sabe que las personas con sobrepeso presentan una disbiosis intestinal en el colon (De Cosío-Barrón et al., 2020).

Como consecuencia de la rotación cíclica de la Tierra alrededor de su eje (aproximadamente cada 24 horas), la mayoría de los seres vivos están sujetos a fluctuaciones predecibles de luz y temperatura; con el fin de ajustar de manera óptima su comportamiento, metabolismo y fisiología a tales cambios, desarrollaron sistemas internos de cronometraje llamados "relojes circadianos". Se puede decir que el reloj circadiano funciona como una especie de marcapasos interno, el cual está presente en todas las células del cuerpo humano y es el encargado de producir los ritmos circadianos (RC); estos últimos se definen como cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo diario y responden a diversos estímulos principalmente la luz (Barandas et al., 2015). Los RC son los responsables de controlar diversos procesos fisiológicos como los ciclos de sueño/vigilia, la temperatura corporal, funciones metabólicas, actividad cardiovascular, la alimentación, el sistema endocrino mediante la secreción de hormonas, actividad renal, fisiología del tracto gastrointestinal, entre otros (Dufoo-Hurtado et al., 2020).

Los RC son sincronizados luego de la exposición a estímulos, factores ambientales o sincronizadores, los cuales señalan la hora del día y son denominados como "*Zeitgebers*". Entre estas señales se encuentran los ciclos de luz/obscuridad, el horario de comidas, el ejercicio físico, los sincronizadores sociales, los compuestos asociados a los alimentos, entre otros. Por lo tanto, un desajuste en las entradas del RC provocan una desincronización, causando una disbiosis intestinal, comportamientos alimentarios anormales, alteraciones metabólicas y como consecuencia un aumento de peso. Los cambios en el estilo de vida de la sociedad moderna han llevado a la desincronización de los RC, debido a que estamos expuestos a trabajar en habitaciones iluminadas con luz artificial, una mayor exposición a luz brillante por la noche o luz tenue durante el día, el jet lag social crónico, el trabajo nocturno o por turnos (Kolbe et al., 2019).

Para ayudar a contrarrestar los efectos negativos de la desincronización surge la crononutrición, un área de la nutrición de reciente creación que se está convirtiendo en una estrategia prometedora para preservar la salud humana al modular muchos procesos fisiológicos asociados al RC. Esta área incluye el estudio del efecto de nutrientes y compuestos bioactivos presentes en los alimentos en la restauración de la ritmicidad circadiana de órganos internos, estos compuestos se denominan como cronobióticos. Algunos cronobióticos incluyen la glucosa, melatonina, cafeína, fibra dietaria y algunos ácidos fenólicos (Dufoo-Hurtado et al., 2020). Sin embargo, a pesar de la evidencia experimental y clínica sobre el papel de los cronobióticos naturales, la información sobre su potencial aun es bastante limitada.

Los pistaches son una fuente rica en compuestos fenólicos y otras moléculas lipofílicas, por lo que pueden considerarse como un alimento funcional único, el cual ha sido clasificado entre los primeros 50 alimentos con mayor potencial antioxidante. Varias asociaciones internacionales recomiendan su consumo regular por su riqueza en ácidos grasos insaturados, proteínas, vitaminas, minerales, y fibra dietaria (García-Moreno et al., 2020). El contenido

de fibra dietaria de los pistaches oscila entre 5-12 g/100 g, lo que aumenta la producción colónica de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) con acción quimiopreventiva y cronobiótica (De Cosío- Barrón et al., 2020; Tahara et al., 2018). De acuerdo a la revisión de Meng et al. (2017) otro componente principal del pistache es la fito-melatonina, posicionándose como la fuente dietaria más rica en este cronobiótico reportada a la fecha conteniendo hasta 223,000 ng/ g dependiendo la variedad.

Es por lo anterior que el objetivo de este proyecto consistió en evaluar la bioaccesibilidad y biosíntesis *in vitro* de compuestos cronobióticos de pistache.

Metodología

Material biológico

Se utilizaron pistaches (*Pistacia vera* L.) tostados con sal de marca comercial (Member's Mark, Wal-Mart Stores, Inc. 2019); a los cuales se les retiró la cáscara para obtener la nuez. A una parte de la muestra se le retiró la piel (PN) y otra lo conservó (PN+SC), se molieron y almacenaron a 4 ºC para los análisis posteriores.

Caracterización química

Se determinó el contenido de lípidos (método 920.39), proteína (método 920.105), humedad (método 925.23) y ceniza (método 945.46) siguiendo la metodología descrita por la AOAC y carbohidratos se determinó por diferencia (García-Moreno et al., 2020).

Fibra dietaria total

Se obtuvo con un kit comercial enzimático mediante la combinación de métodos enzimáticos y gravimétricos. Las muestras secas y libres de grasa fueron digeridas enzimáticamente con α-amilasa, proteasa y amiloglucosidasa para eliminar la proteína y el almidón presente en la muestra.

Fenoles totales (FT)

Para la cuantificación de fenoles totales, se uso el método de Folin-Ciocalteu y ácido gálico como estándar. Este método se basa en la oxidación de compuestos fenólicos en una solución alcalina con un heteropolianión molibdotungstofosfato, produciendo un producto coloreado con un máximo de absorbancia a 765 nm (Nieto-Figueroa et al., 2020).

Flavonoides totales (FVT)

Se cuantificaron los flavonoides totales con una adaptación a microplaca, donde a 50 μl de muestra se le adicionarán 180 μl de metanol y 20 μl de solución 2- aminoetildifenilborato al 1 %. Se midió la absorbancia a 404 nm. Se realizó una curva de calibración de (+)-catequina (Nieto-Figueroa et al., 2020).

Fito-melatonina (FTM)

Se usó un espectrofluorómetro (Varioskan Flash), la molécula fue excitada a 275 nm y la intensidad de su fluorescencia fue medida a 366 nm (Oladi et al., 2014).

Digestión gastrointestinal *in vitro*

Las muestras de pistache se sometieron a una digestión gastrointestinal *in vitro*, la cual constó de tres fases: boca, estómago e intestino delgado. Este experimento contó con previa aprobación por el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro (CBQ19/013). De cada una de las etapas de la digestión se tomaron alícuotas y se cuantificó la FTM como se describió anteriormente (Campos-Vega et al., 2015).

Fermentación colónica *in vitro*

Para la fermentación colónica *in vitro* se empleó inulina (100 mg) como control positivo de carbohidrato fermentable. Se utilizó inoculo fecal humano como fuente de la microbiota representativa del colon, el cual se obtuvo de la primera evacuación de individuos voluntarios con sobrepeso.

Se prepararon tubos estériles con 9 ml de medio de cultivo basal. Los tubos se sellaron y mantuvieron bajo una atmósfera anaerobia que contenía una mezcla de gases (H_2-CO_2- N_2 10:10:80 volumen) durante 24 horas. Los tubos con el medio de cultivo basal se inocularon con 1 ml de homogenizado fecal, además se adicionó la fracción no digerible de pistache con y sin piel proveniente de una previa digestión intestinal. Los tubos se incubaron en un baño de agua a 37 ºC. Para la cuantificación de AGCC y metabolitos colónicos, se tomaron

muestras a las 0, 4, 2,6, 12 y 24 horas (Campos-Vega et al., 2009).

Identificación y cuantificación de AGCC y metabolitos colónicos

Se realizó mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) y microextracción en fase sólida (SPME) (Zamora-Gasga et al., 2015). La identificación y cuantificación de los principales AGCC producidos en el colon (acético, propiónico y butírico), se realizó comparando los espectros de masas obtenidos con los de la biblioteca de espectros de masas (NIST / EPA / NIH) y comparando los tiempos de retención de los estándares.

Las señales espectrométricas de cualquier otro compuesto potencial (molécula madre o metabolito) fueron identificadas y confirmadas por la biblioteca de espectros de masas NIST / EPA / NIH. Los metabolitos se analizaron utilizando la plataforma MetaboAnalyst para el análisis e interpretación metabolómica (https://www.metaboanalyst.ca).

Resultados

Caracterización química y nutracéutica

El macronutriente principal en ambas muestras de pistache fueron los lípidos (> 50 %) **(Figura 1a)**. Los pistaches con piel (PN+SC) contienen más proteína (> 20 %) y fibra dietaria (13.2 %) **(Figura 1b)**. La muestra PN+SC presentó un mayor contenido de FT (+ 42 %), FVT (+ 54 %) y FTM (+ 21 %) en comparación a la muestra sin piel (PN), mientras que los tocoferoles [μT> αT> βT> γT3 (12-13 mg / kg)] y carotenoides totales (~ 0.025 mg / kg) fueron detectados sin diferencias significativas entre muestras **(Figura 2)**. La piel de la nuez de pistache contribuye con casi el 20 % de FTM (43.3 mg ME / g de muestra) del contenido total de FTM de los pistaches (215.6 mg ME / g, PN+SC) (**Figura 2**). Las muestras de pistache analizadas presentan diversos compuestos bioactivos con un margen amplio de solubilidad en agua y solventes no polares (**Figura 3**), PN + SC tuvo mayor contenido ácido gálico (GA), ácido protocatecuico (PCA > 350 %) y catequina (CAT + 50%) y epigalocatequina galato, en comparación con PN.

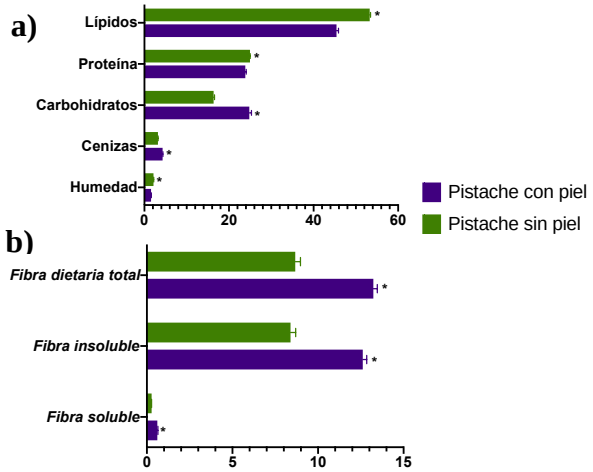


Figura 1. Caracterización química y fibra dietaria de PN y PN+SC

Los resultados se expresan en base seca y se presentan como la media ± la desviación estándar de dos ensayos independientes por duplicado

* Indica diferencia significativa entre muestra mediante la prueba t de Student para datos no pareados $p < 0.05$.

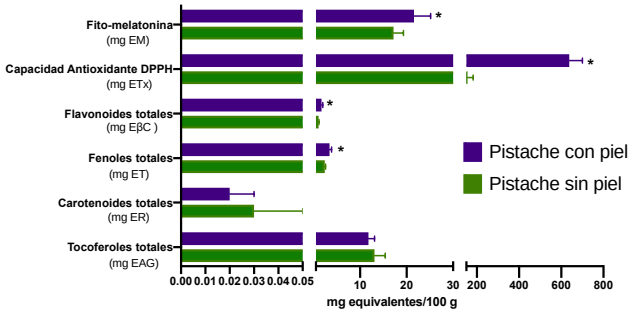


Figura 2. Caracterización nutracéutica de PN y PN+SC

EAG: Equivalentes de ácido gálico; ER: Equivalentes de rutina, ET: Equivalentes de Tocoles, ETx: Equivalentes de Trolox, EβC: Equivalentes de beta-caroteno, EM: Equivalentes de melatonina.

Los resultados se presentan como la media ± la desviación estándar de dos ensayos independientes por triplicado.

*Indica diferencia significativa entre muestra mediante la prueba t de Student para datos no pareados $p < 0.05$

Bioaccesibilidad y permeabilidad gastrointestinal *in vitro* de FTM

De acuerdo con la **Figura 4**, la bioaccesibilidad [%, μg / g de materia seca (MS)] de FTM en condición oral simulada fue mayor para la muestra sin piel (PN; 3.4%, ~ 6.0 μg) que para la muestra con piel (PN+SC; 1.9%, ~ 4.0 μg), durante la etapa gástrica la bioaccesibilidad fue más baja para ambas muestras (PN; 1.79 %, ~3.2 μg y PN+SC; 1.26 %, ~3.2 μg). Sin embargo, durante la etapa intestinal simulada, ambas muestras mostraron su mayor bioaccesibilidad, acentuándose con el paso del tiempo [5.7 % (PN+SC) > 3.3 % (PN) a los 60

minutos de incubación].

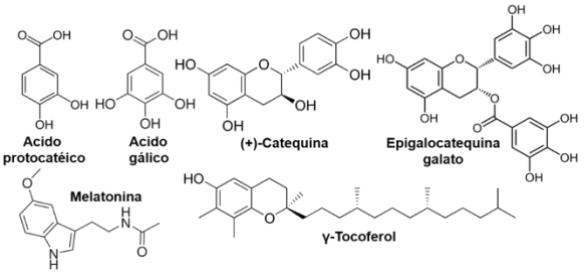


Figura 3. Compuestos bioactivos individuales de PN y PN+SC

En la **Tabla 1** se muestran los cambios en la tendencia temporal (15-60 min) de los coeficientes de permeabilidad aparente (P_{app}) para FTM. Ambas muestras presentan un comportamiento dinámico de P_{app}, el cual aumenta conforme avanza el tiempo de incubación, esto coincide con los datos de bioaccesibilidad obtenidos, en donde se observa una mayor liberación de FTM con el paso del tiempo de incubación (**Figura 4**). Es importante destacar que el flujo B→A es mayor que el A→B a los 60 minutos, por lo que este compuesto se concentra en mayor cantidad del lado apical. Sin embargo los valores de radio de eflujo (ER) son entre 1-2 en ambas muestras, lo que sugiere un equilibrio intra / extracelular, particularmente en los primeros treinta minutos.

Tabla 1. Coeficientes de permeabilidad aparente de FTM

Compuesto bioactivo	T	PN+SC			PN		
		A → B	B → A	ER	A → B	B → A	ER
Fito-melatonina	15	2.8^{a} *	3.7^{b} *	1.3^{b}	2.0^{b}	2.1^{c}	1.1^{c}
	30	3.5^{a}	3.8^{b}	1.1^{b}	1.3^{c}	2.9^{b}	2.2^{a} *
	60	3.2^{a}	6.9^{a} *	2.2^{a}	2.8^{a}	5.2^{a}	1.9^{b}

P_{app} se expresan como la media ($cm.s^{-1} \times 10^{-3}$) ($n \geq 4$). Transporte apical (A) a basolateral (B) del intestino (A→B) y a la inversa (B→A), Relación de flujo [ER= (B→A).(A→B)$^{-1}$]; Debajo del límite de detección (--). *Diferencia estadística (t-test, $p < 0.05$) entre muestras (PN+SC *vs.* PN) y entre tiempos de incubación (letras superíndice) para un mismo componente y muestra.

Producción de AGCC y análisis metabolómico de productos de la fermentación colónica

La mayor producción de AGCC se encontró a las 6 h para ambas muestras de pistache, donde el pistache con piel mostró el valor más alto (51 mmol / L), seguido del pistache sin piel (25.89 mmol / L) y el control (2.06 mmol / L) (**Figura 5**), siendo el ácido butírico el ácido mayormente producido. En este estudio, se utilizó un enfoque metabolómico no dirigido para evaluar la biotransformación de compuestos parentales de varios metabolitos volátiles durante la fermentación colónica *in vitro* de ambas muestras de pistache.

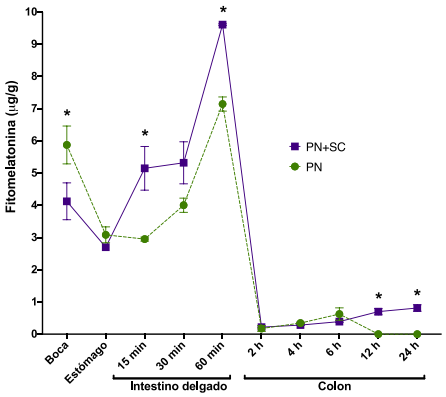


Figura 4. Bioaccesibilidad *in vitro* de FTM de PN y PN+SC

Los resultados se presentan como la media ± la desviación estándar de dos experimentos independientes por duplicado. * Indica diferencia significativa entre muestras, por etapa de evaluación, por la prueba t de Student para datos no pareados $p < 0.05$.

Las muestras se agruparon en un mapa de calor (**Figura 6**), por tiempos de fermentación, de acuerdo con la composición de sus metabolitos, mostrando la agrupación de 50 metabolitos encontrados en ambas muestras de pistache fermentado. El color rojo indica mayor abundancia mientras que el color azul una menor abundancia a los diferentes tiempos evaluados. Se observó que para ambas muestras, el perfil de metabolitos al inicio de la fermentación (0 h) fue el mismo. Sin embargo, con el tiempo, la composición y abundancia se modifican. Durante las primeras horas de fermentación se puede observar la aparición de compuestos derivados fenólicos posiblemente derivados del metabolismo de polifenoles por ejemplo: el 3-(3,4-dimetoxifenil)-propiónico que aparece a las 6 h en PN y el 2-metil-pentil-ácido propiónico que aparece a las 6 h en PN+SC. En las etapas intermedias de la fermentación (> 6 h) es posible observar la aparición de metabolitos como el ácido isovalérico, dimetil sulfato, trimetil sulfato; productos de la fermentación de proteínas.

Por último se realizó un análisis de puntuación de

importancia variable en la proyección de un modelo de regresión de mínimos cuadrados (VIP scores), generado con los datos de los metabolitos producidos durante la fermentación *in vitro* (**Figura 7**). Con este análisis fue posible obtener los metabolitos colónicos con una mayor importancia fisiológica, siendo importante destacar la presencia de indol (798), 1-butanol (263), 2,4-dihidroxibenzaldehído (7213), ácido hidroximandélico (328) y benzaldehído (240).

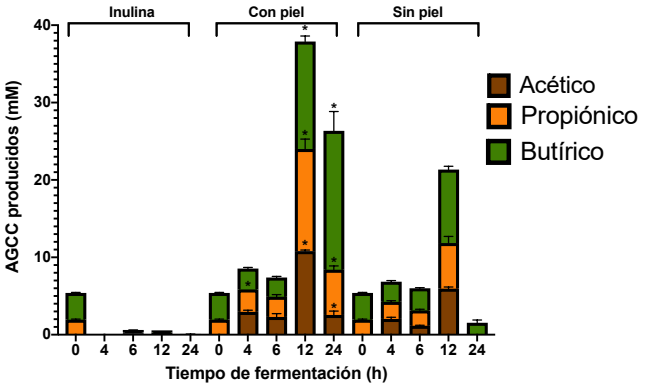


Figura 5. Producción de AGCC durante la fermentación colónica

Los resultados se presentan como la media ± la desviación estándar de dos experimentos independientes por duplicado. * indica diferencia significativa entre muestras por la prueba t de Student para datos no pareados $p < 0.05$.

Discusión

Los pistaches están compuestos principalmente por lípidos **(Figura 1).** Sin embargo, es importante destacar que esta fracción se compone principalmente por ácidos grasos mono y poli insaturados los cuales tienen un papel importante en el reloj circadiano, ya que participan en la secreción de melatonina endógena ayudando a modificar los ritmos circadianos, demostrando un potencial cronobiótico (Kim et al., 2016). Los pistaches también representan una buena fuente de proteína, la cual ha sido reconocida como una proteína vegetal de buena calidad por su composición de aminoácidos (García-Moreno et al., 2020).

Como se muestra en la **Figura 2**, los pistaches son una fuente de compuestos fenólicos, incluyendo diversos ácidos fenólicos, flavonoides y proantocianidinas. Además de estos, los pistaches son la única nuez de árbol que contiene antocianinas, las cuales se encuentran presentes en la piel adherida a la nuez. Todas estas familias de compuestos fenólicos son antioxidantes con importantes efectos benéficos a la salud como lo son la quimio-prevención y la cardio/vaso-protección, además ha sido reportado que los polifenoles dietéticos mejoran procesos metabólicos y fisiológicos a través de mecanismos relacionados con el reloj circadiano, actuando como compuestos cronobióticos (Guo et al., 2019). En la **Figura 3** se presentan los compuestos bioactivos individuales identificados y cuantificados en las muestras de pistache, estos son importantes ya que estos afectan positivamente la regulación del metabolismo de los lípidos en células hepáticas, mediada por BMAL-1 un factor de transcripción clave en la maquinaria molecular del reloj circadiano (Guo et al., 2019). La epigalocatequina galato (EGCG), que se encontró en ambas muestras de pistache, mejora la resistencia a la insulina, previene la adiposidad y mantiene la homeostasis lipídica causada por la desincronización circadiana in vivo inducida por una dieta rica en fructosa y grasas (Mi et al., 2017).

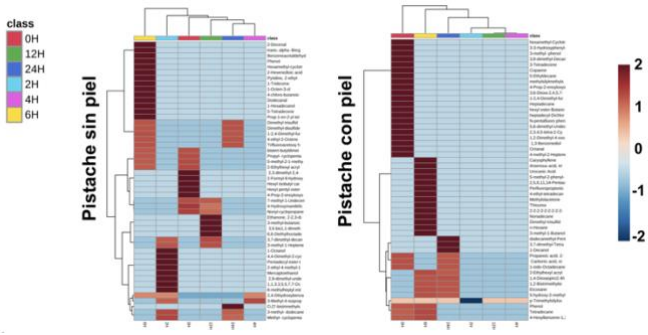


Figura 6. Mapa de calor de los metabolitos colónicos producidos

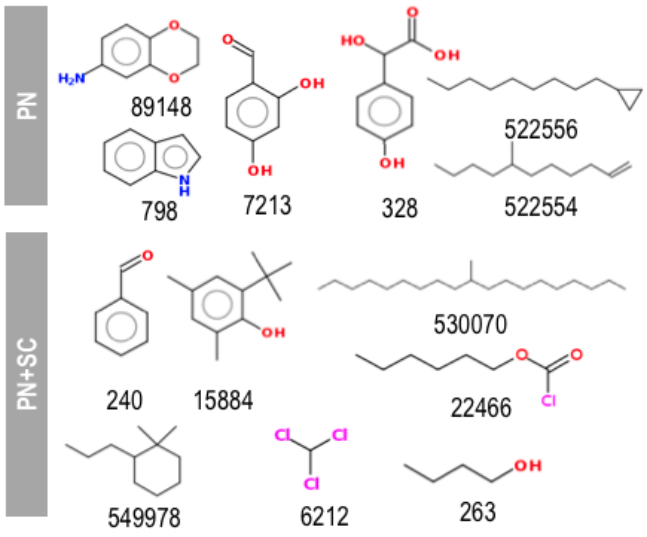


Figura 7. Metabolitos con mayor importancia (VIP scores >2

La melatonina es una hormona producida a partir del aminoácido triptófano (trp) en la glándula pineal de los seres humanos, comúnmente conocida como "la hormona de la oscuridad". Su función es esencial en las alteraciones relacionadas con la edad, incluida la alteración del reloj circadiano y la senescencia celular. Sin embargo, la cantidad de melatonina producida fisiológicamente disminuye con la edad y en condiciones de sobrepeso/obesidad, en este caso para contrarrestar la falta de melatonina se puede utilizar FTM de alimentos vegetales como el pistache **(Figura 2)**. Los alimentos que contienen FTM incluyen frutos secos, cereales, frutas y verduras, café, té verde, productos de origen animal, entre otros (Dufoo-Hurtado et al., 2020). Los pistaches son el alimento con mayor contenido de FTM, por encima de otros alimentos como los granos de café tostados (6.500 ng / g), las setas (6400 ng / g) y las lentejas (1089 ng / g) (Meng et al., 2017).

Los efectos benéficos de los compuestos bioactivos están parcialmente determinados por la bioaccesibilidad y metabolismo gastrointestinal (GI) de cada uno de de ellos (Stevens-Barrón et al. 2019), por ello evaluamos la bioaccesibilidad de FTM durante las diferentes etapas del tracto gastrointestinal (TGI). Los resultados muestran una baja bioaccesibilidad con respecto al contenido inicial de FTM en las muestras, varios factores podrían estar determinando este comportamiento tales como una masticación ineficiente, características fisicoquímicas de la FTM, su absorción concurrente en condición oral, su secuestro e interacción temporal con otros compuestos presentes tanto en la matriz alimentaria como en el TGI, así como posibles interferencias analíticas (Shin et al., 2017). En la etapa intestinal, la permeabilidad aparente (P_{app}) se define como la tasa de acumulación de un compuesto en las cámaras apical y basolateral, normalizada por el área de tejido superficial, donde el lado basolateral se considera el de flujo sanguíneo y el lumen intestinal es el lado apical. Los valores de P_{app} simulan muy de cerca el proceso de absorción in vivo en la etapa del intestino delgado y son un acercamiento a la biodisponibilidad de los compuestos (Nieto-Figueroa et al., 2020). Los datos cinéticos reportados en la **Tabla 1** como la información quimio informática y un análisis *in silico* de la FTM (Datos no mostrados) apoyan la idea de que este compuesto es eficientemente absorbido en el intestino delgado con una mayor posibilidad de que este paso se dé a través de un proceso de difusión pasiva llegando a circulación sistémica.

Los pistaches con piel son una buena fuente de fibra dietaria **(Figura 1).** Se sabe que los alimentos ricos en fibra facilitan la producción de AGCC por la microbiota colónica y, a su vez, estos ácidos pueden actuar como cronobióticos al sincronizar los relojes circadianos presentes en diferentes tejidos como el hígado (Tahara et al., 2018). El aumento significativo de AGCC, especialmente butirato, durante la fermentación de pistache puede ser un indicio de su potencial para mejorar la salud en sujetos obesos a través del aumento en el número de bacterias beneficiosas productoras de butirato y sus efectos como cronobiótico de relojes periféricos.

Mantener una microbiota saludable es clave para combatir la crono-disrupción relacionada con la disbiosis en personas obesas. Las bacterias intestinales influyen en la fisiología del huésped a través de varias moléculas y vías de señalización, como se comentó anteriormente los AGCC, metabolitos colónicos, están involucrados en la actividad del reloj circadiano del huésped en diferentes tejidos. Es por esto que resulta importante evaluar la producción de metabolitos colónicos a partir de la fermentación de pistache y evaluar si estos tienen o pueden llegar a tener un efecto cronobiótico, lo cual hasta el momento no ha sido evaluado.

Uno de los metabolitos colónicos con mayor importancia es el indol **(Figura 7)**, este el principal metabolito colónico del aminoácido trp. Esto es de gran interés ya que el trp es precursor de la melatonina, se ha sugerido que este aminoácido así como sus metabolitos, son moléculas clave a evaluar en el campo de la crononutrición por su potencial para mejorar los ritmos circadianos (Bravo et al., 2018). También es importante destacar el comportamiento de 1-butanol **(Figura 7)**, un compuesto disbiótico que presenta una alta concentración en las primeras horas de fermentación y con el paso del tiempo cae su producción. Esto sugiere cambios positivos sobre la actividad metabólica de la microbiota o un cambio en su composición, representando un efecto benéfico en la población con problemas

de peso que como ya hemos comentado, presenta problemas de disbiosis intestinal.

Conclusiones

Los pistaches son una buena fuente de lípidos, fibra dietaria, proteínas, fenoles totales (FT), flavonoides totales (FVT) y fito-melatonina (FTM), que contribuyen con su alta capacidad antioxidante. Además de esto, la FTM es bioaccesible en el TGI y altamente permeable en el intestino sugiriendo que los pistaches pueden ejercer efectos cronobióticos debido a su biodisponibilidad potencial. Además producen AGCC y metabolitos derivados en el colon que también podrían tener un efecto cronobiótico. Estos resultados son relevantes para poblaciones con sobrepeso y obesidad ayudándoles a aliviar algunos efectos adversos causados por una desincronización de los ritmos circadianos (RC), ya que presentan baja secreción de melatonina, una generación alterada de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), trastornos circadianos y disbiosis intestinal.

Referencias bibliográficas

De Cosío-Barrón, A. C. G., Hernández-Arriaga, A. M., & Campos-Vega, R. (2020). Spent coffee (Coffea arabica L.) grounds positively modulate indicators of colonic microbial activity. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 60, 102286.

Barandas, R., Landgraf, D., McCarthy, M. J., y Welsh, D. K. (2015). Circadian clocks as modulators of metabolic comorbidity in psychiatric disorders. Current Psychiatry Reports, 17(98), 1-12.

Bravo, R., Franco, L., Rodríguez, A. B., Ugartemendia, L., Barriga, C., & Cubero, J. (2018). Tryptophan and hops: Chrononutrition tools to improve sleep/wake circadian rythms. Annals of Clinical Nutrition, 1, 1004-1011.

Campos-Vega, R., Vázquez-Sánchez, K., López-Barrera, D., Loarca-Piña, G., Mendoza-Díaz, S., y Oomah, B. D. (2015). Simulated gastrointestinal digestion and in vitro colonic fermentation of spent coffee (Coffea arabica L.): Bioaccessibility and intestinal permeability. Food Research International, 77, 156–161.

Campos-Vega, R., Reynoso- Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosta- Gallegos, J. A., Guzman-Maldonado, S. H., Paredes-Lopez, O., Oomah, B.D., & Loarca- Piña, G. (2009). Chemical composition and in vitro polysaccharide fermentation of different beans (Phaseolus vulgaris L.). Journal of Food Science, 74(7), 59-65.

Dufoo-Hurtado, E., Wall-Medrano, A., & Campos-Vega, R. (2020). Naturally-derived chronobiotics in chrononutrition. Trends in Food Science & Technology, 95, 173-182.

Garcia-Moreno, P. E., de la Rosa, L.A., Stevens-Barron, J. C., Rodriguez- Ramirez, R., Corral-Diaz, B., Alvarez-Parrilla, E., Olivas-Aguirre, F.J., Wall-Medrano, A. Dehiscence and prolonged storage of 'Kerman' Pistachios: Effects on morphometry and nutraceutical value. Journal of Food Science and Technology, doi: 10.1007/s13197-020-04707-9

Guo, T., Ho, C. T., Zhang, X., Cao, J., Wang, H., Shao, X., ... & Wu, Z. (2019). Oolong tea polyphenols ameliorate circadian rhythm of intestinal microbiome and liver clock genes in mouse model. Journal of agricultural and food chemistry, 67(43), 11969-11976.

Kim, S. M., Neuendorff, N., Chapkin, R. S., & Earnest, D. J. (2016). Role of inflammatory signaling in the differential effects of saturated and poly-unsaturated fatty acids on peripheral circadian clocks. EBioMedicine, 7, 100-111.

Kolbe, I., & Oster, H. (2019). Focus: clocks and cycles: chronodisruption, metabolic homeostasis, and the regulation of inflammation in adipose tissues. The Yale Journal of Biology and Medicine, 92(2), 317- 325

Meng, X., Li, Y., Li, S., Zhou, Y., Gan, R. Y., Xu, D. P., y Li, H. B. (2017). Dietary sources and bioactivities of melatonin. Nutrients, 9(4), 367.

Mi, Y., Qi, G., Fan, R., Ji, X., Liu, Z., & Liu, X. (2017). EGCG ameliorates diet-induced metabolic syndrome associating with the circadian clock. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease, 1863(6), 1575-1589.

Muniz, F. J. S., & Martin, C. S. (2017). Clock Genes, Chronodisruption, Nutrition and Obesity. Current Research in Diabetes & Obesity Journal, 3(2), 1-6.

Nieto-Figueroa, K. H., Mendoza-García, N. V., Gaytán-Martínez, M., Wall-Medrano, A., Loarca-Piña, M. G. F., & Campos-Vega, R. (2020). Effect of drying methods on the gastrointestinal fate and bioactivity of phytochemicals from cocoa pod husk: In vitro and in silico approaches. Food Research International, 137, 109725.

Oladi, E., Mohamadi, M., Shamspur, T., & Mostafavi, A. (2014). Spectrofluorimetric determination of melatonin in kernels of four different Pistacia varieties after ultrasound-assisted solid–liquid extraction. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 132, 326-329.

Shamah-Levy, T., Campos-Nonato, I., Cuevas-Nasu, L., Hernández-Barrera, L., Morales-Ruán, M. D. C., Rivera-Dommarco, J., & Barquera, S. (2020). Overweight and obesity in Mexican vulnerable population. Results of Ensanut 100k. Salud Pública de México, 61(6), 852-865.

Shin, H. J., Park, N. H., Lee, W., Choi, M. H., Chung, B. C., & Hong, J. (2017). Metabolic profiling of tyrosine, tryptophan, and glutamate in human urine using gas chromatography–tandem mass spectrometry combined with single SPE cleanup. Journal of Chromatography B, 1051, 97-107

Stevens-Barron, J. C., de la Rosa, L. A., Wall-Medrano, A., Álvarez-Parrilla, E., Rodríguez-Ramirez, R., Robles-Zepeda, R. E., & Astiazaran-García, H. (2019). Chemical Composition and In Vitro Bioaccessibility of Antioxidant Phytochemicals from Selected Edible Nuts. Nutrients, 11(10), 2303-2326.

Tahara, Y., Yamazaki, M., Sukigara, H., Motohashi, H., Sasaki, H., Miyakawa, H., ... & Shibata, S. (2018). Gut microbiota-derived short chain fatty acids induce circadian clock entrainment in mouse peripheral tissue. Scientific reports, 8(1), 1-12.

Zamora-Gasga, V. M., Loarca-Piña, G., Vázquez-Landaverde, P. A., Ortiz-Basurto, R. I., Tovar, J., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2015). In vitro colonic fermentation of food ingredients isolated from Agave tequilana Weber var. azul applied on granola bars. LWT-Food Science and Technology, 60(2), 766-772.

PERCEPCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE CONEJO EN LATINOAMÉRICA

PERCEPTION AND CONSUMPTION OF RABBIT MEAT IN LATIN AMERICA

Gudiño-Lozano CJ[1], Gómez-Soto JG[1§], Reis-de Souza TC[1], Escobar-García K[1], Mejía-Vázquez C[1], Escobar-Salazar LE[2], Flores-Tejeida B[1], Aranda-Vargas PJ[1].

[1]Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[§]Autor para correspondencia: ***(jose.gomez@uaq.mx)***

Resumen

Cerca de 690 millones de personas padecen hambre, por lo que se deben establecer estrategias para abonar seguridad alimentaria. La cunicultura es una opción y en países en desarrollo puede proveer proteína de origen animal. El Área Cunícola de la Universidad Autónoma de Querétaro (ARCUN-UAQ) organizó el Cuarto Encuentro Nacional Universitario de Cunicultura, el día 11 de octubre del 2020 con la intención de fomentar esta actividad pecuaria. Se levantaron 159 encuestas, obteniéndose los siguientes resultados de frecuencia en consumo de la carne de conejo: 47.8% no la consume, 45.3% la consume 1 a 2 veces por semana, 5% 3 a 4 veces por semana, 1.9% diario y 0.6% 5 a 6 veces por semana. Se preguntó sobre la presentación que la han consumido: 32.7% no ha consumido, 28.9% asada, 31.4% guisada, 7% en otras presentaciones. Se preguntó su opinión sobre la está carne; 80.5% menciona que no hay lugares cerca para consumirla, 11.3% que es cara, 5% no tiene tiempo para cocinarla y 3.1% no les gusta. Por último, se preguntó sobre los temas que les interesaría abarcar en los eventos siguientes; los temas fueron: "Nutrición/Alimentación", "Salud/Enfermedades", "Reproducción", "Genética" y "Transformación y aprovechamiento de la carne". En la actualidad la cunicultura es considerada como una alternativa en la producción pecuaria con la que se podría aumentar la oferta de alimentos de origen animal, por lo tanto, es necesario brindar más información sobre esta actividad a estudiantes, productores, consumidores e interesados en la producción de alimentos con excelente calidad nutricional.

Palabras clave: cunicultura, carne, proteína

Summary

Nearly 690 million people are hungry, so strategies must be put in place to pay for food security. Rabbit farming is one option and in developing countries it can provide animal protein. The Rabbit Area of the Autonomous University of Querétaro (ARCUN-UAQ) organized the Fourth National University Meeting on Rabbit Farming on October 11, 2020 with the intention of promoting this livestock activity. A total of 159 surveys were conducted, obtaining the following results regarding the frequency of rabbit meat consumption: 47.8% do not consume it, 45.3% consume it 1 to 2 times per week, 5% 3 to 4 times per week, 1.9% daily and 0.6% 5 to 6 times per week. They were asked about the presentation that they have consumed it: 32.7% have not consumed it, 28.9% roasted, 31.4% stewed, 7% in other presentations. They were asked their opinion about this meat; 80.5% mentioned that there are no places nearby to eat it, 11.3% that it is expensive, 5% do not have time to cook it and 3.1% do not like it. Finally, they were asked about the topics they would like to cover in the following events; the topics were: "Nutrition/Food", "Health/Diseases", "Reproduction", "Genetics" and "Transformation and use of meat". Currently, rabbit breeding is considered an alternative in livestock production that could increase the supply of food of animal origin, therefore, it is necessary to provide more information about this activity to students, producers, consumers and those interested in the production of food with excellent nutritional quality.

Key words: hunger, cuniculture, meat, consumption

Introducción

Según FAO *et al.* (2020) mencionan que las estimaciones actuales indican que cerca de 690 millones de personas padecen hambre, es decir, el 8.9% de la población mundial (un aumento de unos 10 millones de personas en un año y de 60 millones en cinco años). El número de personas afectadas por la inseguridad alimentaria grave, otra medida que calcula el hambre de manera aproximada, muestra una tendencia ascendente similar. En 2019, cerca de 750 millones de personas, o casi una de cada diez personas en el mundo, se vieron expuestas a niveles graves de inseguridad alimentaria. Sin embargo, una evaluación preliminar sugiere que la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) puede añadir entre 83 y 132 millones de personas al número total de personas subalimentadas en el mundo en 2020, en función de la hipótesis de crecimiento económico. Se espera que para el año 2030 el número de las personas afectadas por el hambre va a superar los 840 millones. La disponibilidad de alimentos de origen animal alcanza los niveles más elevados en los países de ingresos altos, pero está aumentando rápidamente en los países de ingresos medianos altos, sin embargo, los valores son menores en los países con ingresos más bajos a nivel mundial y que consumen alimentos como cereales, raíces y tubérculos en el 60% de su dieta.

Las proyecciones muestran que para alimentar una población mundial de 9 100 millones de personas en 2050 sería necesario aumentar la producción de alimentos en un 70 % entre 2005/07 y 2050. La producción en los países en desarrollo casi tendría que duplicarse. Ello implica un aumento importante en la producción de varios productos básicos fundamentales.

Martínez (2004) menciona que es imprescindible la búsqueda de opciones que permitan la reproducción de las especies animales en un espacio mínimo, en el menor tiempo posible, al más bajo costo, y obtener un óptimo rendimiento de todos los productos y subproductos que se generen. Por lo que, en este aspecto, el conejo es una alternativa, pues su carne constituye una fuente de proteínas de excelente calidad; además, su piel y, sobre todo, su pelo representa subproductos altamente apreciados por las industrias peletera y textil. En comparación con otras especies domésticas, el conejo aporta una buena cantidad de kilogramos de carne en proporción a su peso corporal y en función del tiempo de producción. En un año, la coneja vientre, que en el caso de las razas medianas tiene un peso corporal promedio de 4.5 kg, puede producir para el mercado, sin mucha exigencia, de 40 a 45 gazapos, y si estos son consumidos a los 2 kg de peso vivo, entonces se puede concluir que una coneja aporta de 80 a 90 kg de conejo en pie/año (Gudiño *et al*., 2019).

Debido a la importancia que puede tener en un futuro la producción de carne de conejo en México y Latinoamérica, es importante conocer la percepción que tienen las personas y futuros profesionistas interesados en la cunicultura sobre esta especie pecuaria dadas sus bondades productivas y nutricionales.

Material y métodos

Se aplicaron 159 encuestas con la intención de conocer la percepción sobre la carne de conejo de los asistentes al Cuarto Encuentro Universitario de Cunicultura que fue organizado virtualmente por el Área Cunícola de la Universidad Autónoma de Querétaro (ARCUN UAQ). Este evento se llevó a cabo el 11 de octubre del año 2020. La mayoría de los encuestados eran estudiantes universitarios de México, Guatemala, Puerto Rico, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Argentina, Uruguay y Brasil.

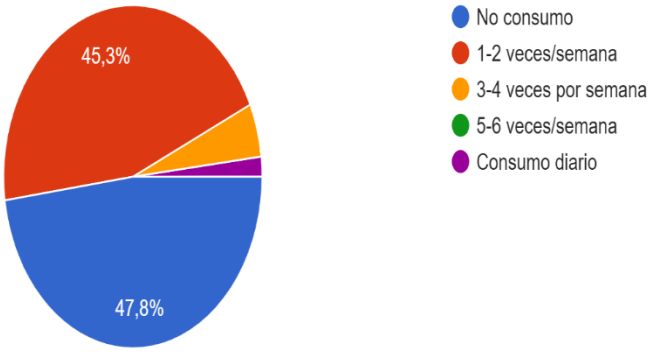
La encuesta se elaboró en Formularios de Google y se compartió al final del evento con los asistentes. La primera parte de la encuesta era sobre los aspectos del Encuentro y la segunda sobre la percepción y hábitos de consumo de la carne de conejo.

Se les cuestionó la frecuencia en el consumo de carne de conejo semanal, presentación de consumo, opinión sobre la carne de conejo y sus derivados, así como temas de interés en próximos eventos de cunicultura.

Resultados y discusión

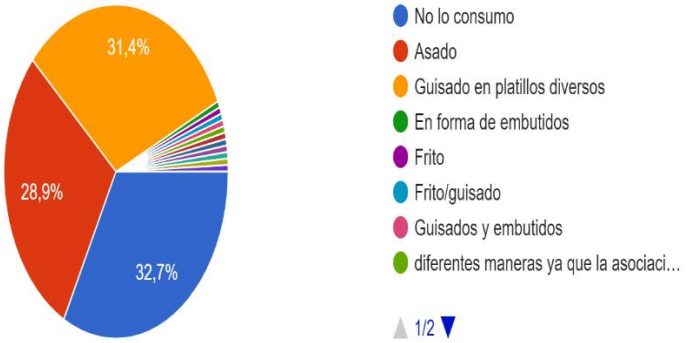
Sobre la pregunta "¿Cuál es tu frecuencia en el consumo de carne de conejo por semana?", el 47.8% respondió que no consume carne de conejo, el 45.3% la consume de 1 a 2 veces por semana, el 5% de 3 a 4 veces por semana, el 1.9% los siete días de la semana y solamente el 0.6% la consume de 5 a 6 veces por semana (Gráfica 1). El dato a destacar es que el 47.8% de los asistentes de este evento de cunicultura no han consumido la carne de conejo, aunque este dato es mayor que le mencionado por Amaro *et al*. (2018), que señalan que el 41% de la comunidad de la Universidad Nacional Autónoma de México nunca han consumido la carne de conejo.

Gráfica 1. Representación de los resultados obtenidos para la primera pregunta de interés.



Para la pregunta "¿En qué presentación consumes mayoritariamente el conejo?", el 32.7% de las personas indicó que no lo ha consumido, el 28.9% la consume de forma asada, el 31.4% la consume guisada, el 7% restante se reparte en las otras 11 respuestas, ya que cada una representa un 0.6% (Gráfica 2). Cruz (2018) menciona que la falta de accesibilidad a la carne de conejo es lo que ocasiona que las personas que no consuman la carne y productos de conejo. Esto explica el porqué del desconocimiento de los lugares de consumo y/o adquisición de la carne de conejo.

Gráfica 2. Representación de los resultados obtenidos de la segunda pregunta de interés.



Para la pregunta "¿Qué piensa sobre la carne de conejo y sus derivados?", las respuestas fueron las siguientes: el 80.5% piensa que no hay lugares cerca de su casa para consumir está carne, seguido por el 11.3% que lo asocia como una carne cara, el 5% menciona que no tiene tiempo para cocinar la carne de conejo y sólo el 3.1% no le gusta la carne de conejo (Gráfica 3). Este tipo de preguntas han sido presentadas por autores como Martínez *et al*. (2018) que en su estudio obtuvieron que el 20% de las personas encuestadas se guían para escoger la carne que van a consumir por el precio, además de su accesibilidad.

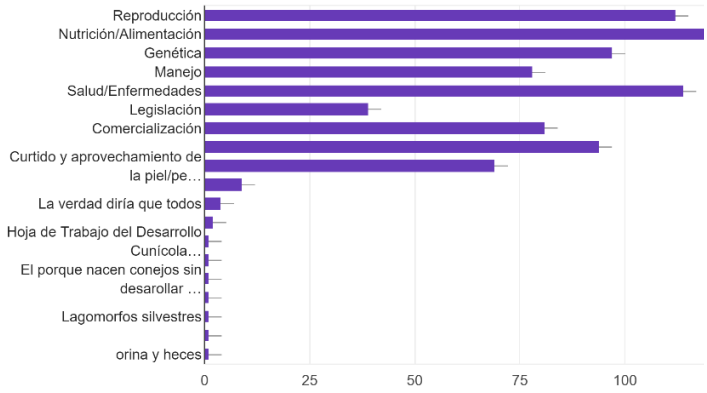
Gráfica 3. Representación de los resultados obtenidos de la tercera pregunta de interés.



Por ultimo se les pregunto a los participantes sobre qué otros temas relacionados con la cunicultura les gustaría que se ofertaran en próximos eventos académicos siendo de los temas de mayor interés el de nutrición y alimentación de los conejos, seguido

del tema de salud y enfermedades de esta especie y en tercer lugar de importancia el de la reproducción (Gráfica 4). Gudiño *et al*. (2019) mencionan que el tema de Enfermedades es el tema con más interes dentro de estudiantes de medicina veterinaria y zootecnia para la elaboración de futuros congresos de cunicultura, según lo presentado en un avento académico nacional mexicano, por loq ue se observa que es un tema de interés general y sobretodo es necesario dar mayor dofusión al mismo ahora que se encuentra en nuestro país el virus hemorrágico viral de los conejos.

Gráfica 4. Representación de los resultados obtenidos de la cuarta pregunta de interés.



En la actualidad la cunicultura es considerada como una alternativa en la producción pecuaria con la que en un futuro se podría abonar a lograr la seguridad alimentaria de más familias en México y Latinoamérica, además de que la cunicultura puede ser una fuente de ingresos que abonaría a la economía de quienes se dedicasen a ella, y como lo muestran los datos del presente estudio se requiere una mayor presencia del producto cárnico de esta especie y dar mayor difusión de su uso para consumo humano y la variedad de formas en que se puede llevar al comensal. Por lo tanto, es necesario brindar más información sobre esta actividad a los estudiantes, productores, consumidores e interesados en la producción de alimentos de excelente calidad nutricional para consumo humano, mediante la organización y elaboración de congresos, encuentros y/o cursos de cunicultura futuros y en ese sentido la Universidad Autónoma de Querétaro es un ejemplo a nivel nacional e internacional por el trabajo que ha desarrollado en los últimos años en beneficio de los productores cunícolas.

Conclusión

Se requiere dar mayor difusión a las bondades que tiene el conejo como especie pecuaria y que puede ser empleada como una fuente excelente de proteína de origen animal saludable para el consumo humano, así como seguir desarrollando cursos y eventos académicos para fomentar su producción y consumo y favorecer de esta manera una mejor integración entre los productores y consumidores para asegurar que siempre haya acceso y disponibilidad de esta carne.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría 2020 por su apoyo para desarrollar las actividades del Área Cunícola de la Universidad Autónoma de Querétaro (ARCUN UAQ).

Referencias

- Amaro MAC, Zaide SM, Mendoza NLA, Horta DS, Vazquez OID, Zavala VA, Jimenez CLV. (2018). *Consumo de carne de conejo en la comunidad de C.U. UNAM*. Memorias XV Encuentro Nacional de Cunicultura. 18-20 de abril de 2018. Texcoco, Estado de México. pp 24.
- Cruz HS, Mendoza RJ, Mendoza ZLM, Jiménez CLV. (2018). *La Cunicultura En México: Contribuyendo En La Seguridad Alimentaria.* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2020). *Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables.* Roma, FAO.
- Gudiño LCJ, Gómez SJG, Narváez BCI, Ramos OER, Rocha SM, Gallardo TJ, Baños FM, Martínez CDP. (2019). *Percepción sobre el consumo de la carne de conejo en los estudiantes de medicina veterinaria y zootecnia.* Memorias II Encuentro Universitario Nacional de Cunicultura. 19-20 de septiembre del 2019. Morelia, Michoacan.
- Martínez CDP, Gómez SJG, Lugo RMA, Vargas SJ. (2018). *Resultados de encuestas sobre hábitos, frecuencia, opinión y conocimiento de bondades de la carne de conejo.*

Memorias XV Encuentro Nacional de Cunicultura. 18-20 de abril de 2018. Texcoco, Estado de México. pp 19.

Utilización de microalga en dietas para conejos en engorda.

Autor: Helgueros Avila Salvador[1]

Asesor: Gómez Soto José Guadalupe[1]

Comité: Reis de Souza Tércia Cesária [1], Escobar García Konisgmar[1], Morales Anguiano José Pablo[1], Aranda Vargas Paola Jazmín[1], García Trejo Juan Fernando[2]

shelgueros26@alumnos.uaq.mx, jose.gomez@uaq.mx

[1] Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro

[2] Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro

RESUMEN

Se caracterizó químicamente la microalga *Scenedesmus* sp. y se evaluó el comportamiento productivo de conejos en engorde alimentados con ella. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma de Querétaro y el Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de la Fundación Produce. El experimento se realizó en el Área Cunícola de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se utilizaron 30 conejos Nueva Zelanda destetados a los 35 días de edad a los que se les evaluaron parámetros productivos como consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, eficiencia alimentaria y peso vivo; características de la canal y morfofisiología gastrointestinal. Se elaboraron tres dietas experimentales con un porcentaje de inclusión de 0 (dieta control), 5, y 10% de la microalga. *Scenedesmus* sp. es un alimento proteico (29.94%). En las condiciones experimentales la inclusión de la microalga *Scenedesmus* sp. al 5 y 10% en dietas para conejos en engorda ningún efecto (P<0.05) en los parámetros productivos y características de canal evaluados con respecto a la dieta control (0%) y solamente el pH del contenido de colon-recto fue más ácido en dietas con una inclusión del 10%. *Scenedesmus* sp. no afecta el comportamiento productivo para conejos en engorde al menos con este nivel de inclusión por lo que puede ser una materia prima proteica alternativa para incluirse en la dieta de conejos en engorda.

PALABRAS CLAVE: *Scenedesmus*, conejo, microalga, nutrición, engorda.

SUMARY

Scenedesmus sp. Microalgae was chemically characterized. and the productive behavior of fattening rabbits fed with it was evaluated. The chemical analyzes were carried out in the Animal Nutrition Laboratory of the Autonomous University of Querétaro and the Soil and Plant Nutrition Laboratory of the Produce Foundation. The experiment was carried out in the Rabbit Area of the Autonomous University of Querétaro. Thirty New Zealand rabbits were used, weaned at 35 days of age, and productive parameters were evaluated such as daily feed intake, daily weight gain, feed efficiency and live weight; characteristics of the gastrointestinal canal and morphophysiology. Trhee experimental diets were prepared with an inclusion percentage of 0 (control diet), 5, and 10% of the microalgae. *Scenedesmus* sp. it is a protein food (29.94%). Under the experimental conditions, the inclusion of the microalgae *Scenedesmus* sp. at 5 and 10% in diets for fattening rabbits no effect (P <0.05) on the productive parameters and carcass characteristics evaluated with respect to the control diet (0%) and only the pH of the colon-rectum content was more acidic in diets with an inclusion of 10%. Scenedesmus sp. It does not affect the productive behavior for fattening rabbits at least with this inclusion level, so it can be an alternative protein raw material to be included in the diet of fattening rabbits.

KEYWORDS: *Scenedesmus*, rabbit, microalgae, nutrition, fattening.

INTRODUCCIÓN

La cunicultura es un área de la zootecnia que tiene como objetivo la crianza del conejo doméstico ya sea para producción de carne, pelo, piel, pie de cría, animales de laboratorio, mascota, etc. Actualmente, la seguridad alimentaria y el valor nutritivo de los alimentos han cobrado gran importancia, y en este contexto la carne de conejo es muy valorada por sus propiedades nutricionales, así como su fácil y rápida producción (Consuegra, 2019). Se estima que para el año 2050 el número de personas a nivel mundial incrementará un 34%, lo que provocará un aumento en la demanda de proteínas de cualquier origen a nivel global tanto para el consumo humano como los alimentos proteicos destinados al sector pecuario. Actualmente la pasta de soya es uno de los insumos más utilizados como fuente de proteína para conejos en engorde y la producción pecuaria en general, esta contribuye con dos tercios de la producción mundial total de los piensos proteicos (Oil World, 2015). Su valor nutricional no es superado por ninguna otra fuente de proteína vegetal y es el estándar para comparar otros ingredientes proteicos. Se han realizado estudios para encontrar fuentes alternativas proteicas para disminuir los costos de alimentación ya que el depender principalmente de una sola fuente proteica hace vunerable al sector ganadero a distorciones del comercio, disponibilidad y volatilidad de precios (Peralta, 2019). Debido a esto y a que el 70% de los costos de producción pueden deberse a la alimentación, es importante conocer el efecto que tiene sobre el rendimiento productivo de los animales, se deben investigar fuentes proteicas alternativas que no compitan con la alimentación humana y sean de producción rápida. Una de las materias primas alternativas que se podrían emplear es la microalga *Scenedesmus* sp., que poseen una tasa de crecimiento rápido y altos niveles de proteína por lo cual tienen una aplicación potencial en la industria de alimentos balanceados para animales. Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento productivo en la etapa de engorda y la morfosiología gastrointestinal en conejos raza Nueva Zelanda alimentados con dietas con niveles crecientes de inclusión (0, 5 y 10%) de *Scenedesmus* sp.

METODOLOGÍA

El protocolo experimental fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales (06FCN2019).

Ubicación

El experimento se realizó en el módulo de conejos del Área Cunícola de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (ARCUN UAQ), que se encuentra dentro de la posta zootécnica de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia ubicada en Amazcala, El Marqués, Querétaro, México, a una distancia de 26 km de la capital del estado de Querétaro, con coordenadas 20o 42´ 41.23´´ N y 100o 15´ 28.21´´ y una elevación de 1930 msnm. Presenta un clima seco templado con una precipitación media anual de 450 mm.

Análisis químicos

La microalga utilizada *Scenedesmus* sp. fue aportada por la Facultad de Ingeniería del Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, donde fue cultivada y procesada a una presentación de harina deshidratada. Los análisis químicos (AQ) se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se efectuaron los AQ a los ingredientes base (microalga, alfalfa, rastrojo de maíz, pasta de soya y maíz) requeridos para elaborar las dietas experimentales. Las técnicas del AQ se realizaron por triplicado y fueron: materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas y extracto etéreo (EE) de acuerdo con los métodos 925.45, 976.05, 923.03 y 920.35 del AOAC, respectivamente; energía bruta mediante calorimetría y fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). En el Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de la Fundación Produce Querétaro se analizó el alga en cuanto a su nivel de proteína verdadera, calcio (Ca) por el método del permanganato de potasio, fósforo (P) total por el método espectrofotométrico molibdato vanadato y sodio (Na) de acuerdo al método flame photometer Jenway PFP7 protocolo P05-012.

Dietas experimentales

Se formularon tres dietas experimentales cumpliendo las siguientes características: isoproteicas con un 16% de PC, isoenergéticas en energía digestible con 2.4 Mcal/kg y un nivel de FDA del 16%. Dos dietas contenían microalga *Scenedesmus* sp. en dos diferentes niveles, 5% y 10%, y otra dieta control con 0% (Cuadro 1). Las dietas se elaboraron y peletizaron en el Área Cunícola del Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro (ARCUN UAQ).

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales por kilogramo.

Ingrediente (g)	Inclusión *Scenedesmus* sp.		
	0%	5%	10%
Maíz amarillo	274	263	250
Alfalfa	462.4	454.7	452.8
Pasta de soya	125	95	60
Rastrojo de maíz	70	70	70
Melaza	50	50	50
Microalga *Scenedesmus* sp.	-	50	100
Fosfato 21/17	10.2	7.0	3.8
Sal	3.4	3.2	3.2
Aceite vegetal	-	2.0	5.0
Vitaminas*	0.6	0.6	0.6
Minerales¥	1.0	1.0	1.0
Metionina 99%	1.2	1.3	1.4
Secuestrante micotoxina	2.0	2.0	2.0
Salinomicina 12%	0.19	0.19	0.19
Composición química			
Energía digestible Mcal/k	2.4	2.4	2.4
PC (%)	16	16	16
EE (%)	2.3	2.5	2.9
FDA (%)	16	16	16
FDN (%)	30	30	30
Fosforo (%)	0.50	0.50	0.50
Calcio (%)	0.96	1.13	1.32
Sodio (%)	0.20	0.20	0.20
Lisina (%)	0.77	1.04	1.29
Met + Cis (%)	0.60	0.60	0.60

*Cada kg de producto contiene: vitamina A 10.20 unidades internacionales (UI), vitamina D 1.98 UI, vitamina E 0.06 UI, vitamina K 1.20 mg, riboflavina (B2) 7.20 mg, vitamina B12 (cianocobalamina) 0.04 mg, colina 968.58 mg, niacina 36 mg, ácido pantoténico 16.55 mg, tiamina (B1) 0.30 mg, piridoxina (B6) 0.31 mg, biotina 0.08 mg, ácido fólico 0.75 mg

¥Cada kg de producto contiene: sulfuro 0.02 %, cobalto 0.72 mg, cobre 14.4 mg, hierro 120 mg, manganeso 36 mg, selenio 0.30 mg, yodo 0.96 mg, zinc 144 mg, cloro 0.03%

Manejo y procedimientos efectuados con los conejos

En cualquier momento en el que se manipularon a los conejos se procuró la seguridad del animal, así como de quien lo manipulaba, para esto se siguieron los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 donde indica que la manipulación y sujeción del conejo deben ser llevadas a cabo con seguridad, firmeza y gentileza, lo cual consiste en colocar la mano debajo de los miembros posteriores para soportar el peso del animal, con la otra mano se debe sujetar la piel a nivel del cuello para mantener firme al animal.

Sincronización ovulatoria y monta de hembras

Se sincronizaron dos grupos de 10 conejas Nueva Zelanda, en días consecutivos, a cada coneja se le aplicó una inyección intramuscular de 40 UI de gonadotropina coriónica equina 48 horas previas a la monta natural. Para llevar a cabo las montas naturales se emplearon cinco sementales de la raza Nueva Zelanda, cada uno de los cuáles monto a dos conejas en los días de montas

Manejo de gazapos

Una vez que las conejas parieron, al día 30 posterior de la monta, se homogeneizaron las camadas, se asignó a cada coneja un número igual de gazapos, 8 gazapos por hembra, los cuales estuvieron en lactancia durante 35 días. A los 27 días de edad los gazapos se tatuaron según la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, se identificó con un número único a cada gazapo en la oreja empleando una tatuadora manual y tinta negra. Para el destete se eligieron de forma aleatoria los 30 gazapos a los cuales se pesaron con báscula digital para determinar el peso vivo inicial.

Prueba de comportamiento productivo

Los 30 gazapos recién destetados se distribuyeron de forma aleatoria en las 3 dietas experimentales. La unidad experimental se conformó por un conejo, se formaron 30 unidades experimentales,10 por cada dieta, cada unidad se colocó en una jaula de engorda.

Se desarrolló la prueba de comportamiento durante la etapa de engorda, gazapos de 35 días de edad recién destetados fueron engordados por seis semanas, alimentados con las dietas experimentales. Diariamente se pesó el alimento ofrecido y semanalmente el alimento rechazado, para poder calcular el consumo diario de alimento (CDA) por semana, de igual forma los conejos se pesaron semanalmente para obtener el peso vivo (PV), con la diferencia entre los PV de las semanas se calculó la ganancia diaria de peso (GDP) por semana y también la eficiencia alimentaria (EA) por semana.

Proceso de matanza

Al día 41 de la engorda, por la noche, se retiró el alimento de los comederos, con la intención de guardar el ayuno mínimo requerido de acuerdo la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Al día 42 de la engorda, los animales se trasladaron en jaulas al área de matanza del ARCUN-UAQ para el proceso de matanza, el cual siguió el siguiente protocolo: para el aturdimiento, se tomaron a los conejos de los miembros locomotores pélvicos y con la mano libre se sujetó del área del cuello y se desarticuló la articulación atlanto-occipital de acuerdo a la norma NOM-062-ZOO-1999. Una vez desensibilizado el conejo, se colocó en ganchos de acero inoxidable sujetándolos de los miembros locomotores pélvicos a nivel del corvejón y boca abajo, y se mataron por desangrado cortando las venas yugulares y las arterias carótidas de acuerdo con los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Evaluación de órganos digestivos y canales.

Después de efectuar la matanza de los animales se procedió a desollarlos , y a realizar la evisceración verde, y de los 30 conejos se seleccionaron 18 (seis por tratamiento) a los cuales sus órganos gastrointestinales se colocaron en charolas de plástico para diseccionarlos. Se diseccionaron el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso, a los que se les midió el pH del contenido utilizando un potenciómetro (modelo PH211), posteriormente se lavaron los órganos y se pesaron vacíos para determinar el peso. Una vez finalizada la evisceración, se cortaron los miembros locomotores y la cabeza y se procedió a lavar las 30 canales. Cada canal se lavó, se secó con trapos limpios y se pesó para calcular el peso de la canal caliente, se procedió a medir el pH de la canal caliente en los siguientes músculos *biceps brachii*, *longissimus dorsi y biceps femoris,* posteriormente se guardó en refrigeración a 4^{o} C durante 24 h. Pasado el tiempo de refrigeración, a las canales frías se les realizó el mismo procedimiento anterior, determinación de peso de la canal fría, y los valores de pH de la canal fría. Por último, se determinó el rendimiento en canal caliente y fría.

Análisis estadísticos

Los resultados se analizaron en el paquete estadístico SAS. Las variables obtenidas del comportamiento productivo como lo son CDA, GDP, y EA se analizaron utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado y un arreglo de medidas repetidas en el tiempo; mientras que las variables PV, peso canal caliente, peso canal fría, peso de los órganos gastrointestinales y pH de los contenidos intestinales, pH de las canales calientes y canales frías se analizaron con un diseño experimental completamente aleatorizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química

Las microalgas varían significativamente en su composición, dependen de las diferencias genéticas, así como las condiciones de cultivo y la etapa de crecimiento en la cosecha (Castelo y Guadalupe, 2018). De acuerdo a los resultados de los AQ la harina de microalga se considera que pertenece al grupo 5: alimentos proteicos, de acuerdo a la NRC este grupo de alimentos se caracterizan por contener más del 20% de proteína. Al comparar la harina de microalga *Scenedesmus* sp. con la pasta de soya (Cuadro 2), la mayor diferencia es el contenido de minerales, la harina de microalga contiene un elevado nivel de Ca debido a su proceso de cultivo en el cual se utiliza carbonato de calcio para su estabilización. También se pueden observar diferencias en la lignina ya que la microalga contiene 12 veces más que la pasta de

soya, lo cual podría indicar menos digestibilidad en la harina de microalga, dado a que la mayoría de las microalgas poseen una pared celular celulósica relativamente gruesa, lo que plantea un problema para digerir la biomasa de las microalgas para las especies monogástrica por lo cual son necesarios tratamientos para romper la pared celular y hacer que la proteína de algas sea nutricionalmente accesible (Barreto, 2018), sin embargo se debe considerar que el conejo fermenta a nivel cecal y realiza también la cecotrofia. Respecto a la proteína de las microalgas se utiliza el término proteína de origen unicelular (POU) y generalmente deben contener del 35 al 60% de PC (Sapunar, 2019). En el caso de *Scenedesmus* sp. posee niveles de proteína entre el 25 y 65% lo que la convierte en una atractiva fuente de proteína (Huancollo, 2018).

Cuadro 2. Comparación de la composición química porcentual entre microalga *Scenedesmus* sp. y pasta de soya en base húmeda.

Análisis Principal	*Scenedesmus* sp.	Pasta de soya (FEDNA)
Humedad	5.75	12.00
Materia Seca	94.25	88.00
Proteína Cruda	40.31	44.00
Proteína Verdadera	29.94	-
FDN	17.04	12.80
FDA	6..39	7.20
Lignina	4.48	0.40
Extracto Etéreo	3.50	1.90
Cenizas	19.94	6.20
Energía (kcal/k)	4175.17	4705.20
Ca	4.97	0.29
P	1.85	0.64
Na	0.25	0.02

La harina de microalga evaluada en esta investigación contiene 40.31% de PC, pero este valor se sobre estima, ya que el método Kjeldahl utilizado para estimar la PC determina el nitrógeno total, aunque este no provenga de proteínas, en el caso de las microalgas se considera que un 10% del nitrógeno es no proteico (NNP) (Vidyashankar, 2014). La microalga *Scenedesmus* sp. de la presente investigación contiene un 29.94% de nitrógeno proveniente de proteínas.

Comportamiento productivo

La prueba de comportamiento se inició con un peso al destete (35 días de edad) de 680 ± 107 g. El promedio del peso alcanzado a los 42 días de la engorda fue de 2072 ± 135 g. Los resultados de las variables CDA, GDP y EA se pueden observar por semana y por dieta en el cuadro 3.

El CDA varía entre las semanas, dado que hay una relación positiva entre el CDA y el crecimiento del conejo, en relación a las dietas no hay diferencia estadística entre la dieta control (0%) con las dietas que contienen 5% de *Scenedesmus* sp. mientras que la dieta que contiene 10% hay un aumento en el consumo. Que el consumo no disminuya agregando microalga indica que no afecta la palatabilidad, lo que difiere con Battaglini *et al. (*1979), que incluyeron a la dieta 12% de microalga *Scenedesmus acutus* donde menciona que disminuye la ingesta total de alimento.

La GDP por semana fue en aumento conforme los conejos crecían hasta la semana cuatro, posteriormente hay una disminución. En la semana uno se observó la menor GDP (18.8 g) que se puede asociar al efecto del destete, donde los conejos pasaron de alimentarse de la madre y dieta comercial a solo dietas experimentales. Aunque la mayor GDP se registró en la semana 4 con 41.18 g/d, no hay diferencia estadística con las semanas 2 y 3 por lo que GDP se mantuvo y son similares a lo reportado por Juárez *et al*. (2017) con una ganancia media de peso de 44.9 g/d obtenida en el periodo de 28 a 63 días de edad. Pinzón y Rubio (2017) mencionan que el promedio de la GDP para conejos en engorda de 6 semanas y con 17.5% de proteína en las dietas es de 33.5 g/d, datos aproximados a los obtenidos (34.06 a 34.22 g/d) por las diferentes dietas experimentales del presente trabajo, aunque es importante resaltar que no hay diferencia estadística entre las dietas.

Cuadro 3. Comportamiento productivo por semana y dieta experimental

Semana	CDA (g)	GDP (g)	EA
1	57.63^{e}	19.70^{d}	0.35^{bc}
2	84.96^{d}	37.63^{b}	0.44^{a}
3	116.15^{c}	39.83^{ab}	0.36^{b}
4	130.22^{b}	41.18^{a}	0.31^{c}
5	139.13^{a}	32.44^{c}	0.24^{d}
6	136.10^{a}	33.89^{c}	0.24^{d}
Dieta			
0%	109.73^{b}	34.22	0.32
5%	108.31^{b}	34.35	0.33
10%	114.05^{a}	34.06	0.32
P			
Semana	<.0001	<.0001	<.0001
Dieta	0.0083	0.9702	0.4579
Semana* Dieta	0.5431	0.1625	0.4978
EEM	0.7647	0.4822	0.0057

Medias con la misma letra dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes

El parámetro EA se obtuvo el mejor valor en la semana dos con un valor de 0.44, la se mana uno, tres y cuatro similares con valores de 0.31 a 0.36 y las semanas cinco y seis con la EA más bajas con 0.24, en lo que respecta a las dietas no hay diferencia estadística significativa entre ellas teniendo un valor entre 3.25–3.49. Los valores obtenidos no se alejan a lo reportado por Flórez-Delgado y Díaz (2019) donde evaluó dietas a base de forraje con un nivel de PC de 16.41%, teniendo como resultados valores de EA entre 0.16 y 0.36

La evaluación de canales se observa en el Cuadro 4. El PV final obtenido fue de 2.05-2.10 kg sin tener diferencia estadística significativa entre las dietas experimentales. Se obtuvo valores superiores a lo reportado por Ramos (2019) en donde el peso alcanzado a los 72 días de edad fue de 1.9 kg con conejos criados en ambientes similares y dietas con 16% PC. Los valores obtenidos de rendimiento de canal caliente y fría entre las dietas experimentales no presentaron diferencias estadísticas. Hernández y Palacios (2015) reportaron un rendimiento de canal en conejos Nueva Zelanda con un valor de 45.17%, ligeramente inferior a los obtenidos en este experimento (49.8-50.1%), estos valores se acercan más a lo reportado por Ramos (2019) con valores (49.9-50.8%).

Cuadro 4. Evaluación de peso, pH y rendimiento de canal caliente y canal fría

Variable	0%	5%	10%	P	EEM
PV (kg)	2.05	2.07	2.10	0.7198	0.03
Canal caliente					
Peso (kg)	1.04	1.00	1.06	0.2402	0.02
RC (%)	50.52	49.53	50.43	0.5107	0.38
pH BF	7.36^{a}	7.04^{b}	7.03^{b}	0.0034	0.04
pH BB	7.35	7.11	7.21	0.6308	0.10
pH LD	7.27	7.22	7.16	0.2772	0.02
Canal fría					
Peso (kg)	1.03	1.02	1.05	0.6941	0.02
RC (%)	50.10	49.13	49.80	0.5381	0.34
pH BF	6.06	6.03	6.03	0.9615	0.05
pH BB	6.17	6.13	6.20	0.9119	0.07
pH LD	5.91	5.94	5.98	0.7799	0.04

Rendimiento de canal (RC), *biceps femoris* (BF) *biceps brachii* (BB), *longissimus dorsi* (LD). Medias con la misma letra dentro del mismo renglón no son estadísticamente diferentes

Morfofisiología gastrointestinal

Los resultados obtenidos del análisis de la morfofisiología gastrointestinal se muestran en el Cuadro 5. Para el peso de los órganos digestivos vacío no hubo un efecto por la dieta consumida entre ninguno de los segmentos pesados (intestino delgado, intestino grueso y estómago), tuvieron un peso de intestino delgado de 44.35-49.60 g, un peso de intestino grueso de 69.83-79.98 g y un peso de estómago de 23.35-24.27.

Los pH obtenidos de los contenidos gastrointestinales no fueron afectados por la dieta consumida en el estómago, el ciego y en el segmento el yeyuno-íleon; sin embargo, en el segmento colon-recto al incluir 10% de microalga *Scenedesmus* sp. el contenido fue más ácido que el de los contenidos 0% y 5% entre los cuales no hubo diferencias. Los resultados son similares a los reportados por Ramos (2019) en estómago (1.4-1.6), yeyuno-íleon (7.3 -7.5, ciego (5.9 -6.5) y colon-recto (6.7)

Cuadro 5. Morfofisiología gastrointestinal

Variable	0%	5%	10%	P	EEM
Peso (g)					
ID	49.60	44.35	47.95	0.5776	2.05
IG	74.98	77.52	69.83	0.6259	3.25
Estómago	24.27	23.43	23.35	0.8078	0.63
pH contenido					
Estómago	1.35	1.39	1.43	0.3305	0.12
Ciego	5.72	5.84	5.73	0.465	0.04
Yey-Íle	6.88	6.87	7.05	0.3152	0.05
Col-Rec	6.25[a]	6.26[a]	5.95[b]	0.0770	0.06

Intestino delgado (ID), intestino grueso (IG), Yeyuno – Íleon (Yey-Íle), Colon – Recto (Col-Rec). Medias con la misma letra dentro del mismo renglón no son estadísticamente diferentes

CONCLUSIONES

La microalga *Scenedesmus* sp. tiene una composición química alta en proteína. En las condiciones experimentales la inclusión de la microalga *Scenedesmus* sp. al 5 y 10% en dietas para conejos en engorda no tuvo ninguna diferencia en las variables GDP y EA con respecto a la dieta control (0%). Sin embargo, al incluir el alga en 10% aumenta el CDA. El peso vivo y las características de la canal (peso, rendimiento y pH) tampoco se vieron afectados por la inclusión de microalga. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede incluir hasta un 10% de microalga *Scenedesmus* sp. como ingrediente alternativo proteico, y reducir la cantidad de pasta de soya utilizada durante la etapa de engorda en conejo. Se recomienda seguir investigando las microalgas con la finalidad de que sirvan para la alimentación de otras especies pecuarias.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barreto Pérez, R. (2018). Evaluación de microalgas para su uso en la elaboración de piensos para acuicultura. (tesis posgrado). Facultad de Ciencias Experimentales Máster en Biotecnología Industrial y Agroalimentaria
2. Battaglini, M. ; Grandi, A. ; Paletti, C. ; Pushparaj, B., (1979). Use of biomass of *Scenedesmus acutus* 8 M as an alternative protein concentrate in diets for growing rabbits. Zoot. Nutr. Anim., 5: 211–218
3. Castelo, E., & Guadalupe, J. (2018). Efecto del consumo de nitrógeno de la microalga *Desmodesmus communis* sobre la composición bioquímica, productividad de la biomasa, comunidad bacteriana y longitud de los telómeros. (tesis posgrado) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC.
4. Consuegra Villabona, D. A. (2019). Implementación de una producción integral de conejos en Finca La Turena, Municipio de Floridablanca, Santander (tesis pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Bucaramanga.
5. FlórezDelgado, D. F., & Diaz, A. I. A. (2019). Evaluación de un alimento peletizado a base de forraje para conejos en fase de levante y ceba en la Granja Experimental Villa Marina. Mundo Fesc, *9*(17), 69-75.
6. Hernández, J., Aquino, J., & Palacios, A. (2015). Rendimiento de la canal, color de la carne y evolución del pH muscular de conejos. *Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca*.
7. Huancollo Chambi, E. Y. (2018). Evaluación de parámetros de cultivo y análisis de la composición nutricional de la microalga *Scenedesmus* sp. endémica del lago Titicaca en condiciones de laboratorio. (tesis pregrado). Universidad Nacional de San Agustin Facultad de Ciencias Biológicas Escuela Profesional De Ingeniería Pesquera.
8. Juarez, J. D., Marco-Jiménez, F., & Vicente, J. S. (2017). Efectos transgeneracionales sobre las características de crecimiento de una línea paternal de conejos reconstituida a partir de embriones vitrificados. XVII Jornadas sobre Producción Animal, 347-349.
9. Oil World. (2015). Oil World Annual 2015. ISTA Mielke GmbH, Hamburg.
10. Peralta Guamán, M. A. (2019). Producción, comercialización y exportación de soya y sus derivados en el Ecuador 2014-2016. (tesis pregrado). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas.
11. Pinzón Pinzón, L., & Rubio Sánchez, C. (2017). Consumo residual en conejos: con variables productivas de crecimiento.(tesis pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas. UDCA. Bogotá, Colombia.
12. Ramos, E. (2019). Evaluación del comportamiento productivo y de la presencia de kafirinas en cecotrofos y heces duras en conejos en engorda alimentados con sorgo y diferentes niveles de fibra detergente neutro. (tesis pregrado). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
13. Vidyashankar, S., VenuGopal, K. S., Chauhan, V. S., Muthukumar, S. P., & Sarada, R. (2014). Characterisation of defatted Scenedesmus dimorphus algal biomass as animal feed. Journal of Applied Phycology, 27(5), 1871-1879.

Proteína de papa y la salud intestinal de lechones

Teresita de Jesús Hijuitl Valeriano[1*]; Tércia Cesária Reis de Souza[1]; Gerardo Mariscal Landín[1,2]; Konisgmar Escobar García[1]; Araceli Aguilera Barreyro[1]; Samantha Elizabeth Bautista Marín[1]; José Guadalupe Gómez Soto[1].

*teresita-hv@hotmail.com
[1]Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias s/n, Colonia Juriquilla, Delegación Santa Rosa Jáuregui, 76230, Querétaro, México.
[2]Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Ajuchitlán. 76280, Querétaro, México

Resumen
Este trabajo se realizó para evaluar el efecto de la inclusión de 6 y 8% de concentrado de proteína de papa (CPP) en una dieta sin antibiótico sobre el comportamiento productivo, el peso de los órganos digestivos, el pH de los contenidos digestivos y la incidencia (ID) y severidad (ISD) de las diarreas durante las dos primeras semanas posdestete. Se utilizaron 165 lechones destetados a los 23 ±2 días de edad y 6.85 ±0.93 kg. Se evaluaron tres dietas: control sin antibiótico; control + 6% CPP (CPP6) y control + 8% de CPP (CPP8). Se evaluó el consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia y la incidencia y severidad de diarreas. Seis lechones de cada dieta se sacrificaron el día 15 posdestete, para extraer el páncreas, estómago, duodeno, yeyuno, íleon, ciego y colon calcular su peso relativo y medir el pH de sus contenidos. Los lechones que consumieron CPP6 fueron productivamente más eficientes y los de CPP8 intermedios. La ID no difirió entre los animales y la ISD fue menor en los de CPP6 e intermedia en los de CPP8. El peso relativo de los órganos fue similar entre todos los lechones y el pH del contenido de estómago fue más elevado en los lechones de CPP6. Se concluye que la inclusión de 6% de CPP a la dieta sin antibiótico mejoró los parámetros productivos y disminuyó la severidad de las diarreas, siendo una alternativa para contrarrestar la ausencia de antibiótico en la dieta.

Palabras clave: Lechones, papas, comportamiento productivo, diarreas posdestete.

Abstract
This work was carried out to evaluate the effect of the inclusion of 6 and 8% of potato protein concentrate (PPC) in a antibiotics-free diet on the performance, the digestive organs weight, the pH of the digestive contents and the incidence (DI) and severity (DS) of diarrhea during the two post-weaning weeks. 165 piglets weaned at 23 ± 2 days of age and 6.85 ± 0.93 kg were used. Three diets were evaluated: control without antibiotic; control + 6% PPC (PPC6) and control + 8% PPC (PPC8). Daily feed intake, daily weight gain, feed efficiency, incidence and severity of diarrhea were evaluated. Six piglets from each diet were euthanized on day 15 after weaning, to extract the pancreas, stomach, duodenum, jejunum, ileum, cecum and colon, calculate their relative weight and measure the pH of their contents. Piglets fed with PPC6 were more efficient and those with PPC8 intermediate. The DI did not differ between the animals and the DS was lower in those of PPC6 and intermediate in those of PPC8. The relative weight of the organs was similar among all piglets and the pH of the stomach content was higher in piglets fed with PPC6. It is concluded that the inclusion of 6% of PPC to the antibiotics-free diet improved the productive parameters and decreased the severity of diarrhea, being an alternative to counteract the absence of antibiotics in the diet.

Key words: piglets, potato, performance, post-weaning diarrhea.

Introducción

El destete es considerado como el periodo más difícil en la vida de un lechón (Zhang et al, 2020), ya que existen múltiples factores estresantes que lo caracterizan como una etapa de inestabilidad gastrointestinal e inmunológica lo que significa mayor susceptibilidad a una infección. Durante los primeros 4 días posdestete hay cambios en la morfología intestinal que se relacionan con la baja ingesta de alimento como son reducción en la altura de las vellosidades y aumento en la profundidad de las criptas, lo cual conduce a una superficie reducida para la absorción de nutrientes y la función de la barrera intestinal queda comprometida (Ma et al., 2019). Adicionalmente, el destete se asocia con un alza de la expresión de citocinas inflamatorias en el intestino que puede contribuir a trastornos intestinales anatómicos y funcionales (Zhang et al, 2020). Por lo tanto, el efecto combinado de todos estos cambios durante este lapso se traduce en el lechón como pobre crecimiento inicial o pérdida de peso y en diarrea que, según la gravedad, puede causar la muerte (Pluske et al., 2018). Los antibióticos se han suplementado en las dietas a niveles sub-terapéuticos como promotores de crecimiento de los animales para corregir los problemas de salud del tracto gastrointestinal (TGI) y reducir la incidencia de diarrea por aproximadamente 70 años (Li et al., 2017). Sin embargo, en los últimos años, existe un gran interés en eliminar o minimizar el uso de antibióticos, debido a que estos pueden incrementar el número de cepas bacterianas resistentes, así como transferir resistencia cruzada a otros microorganismos, con implicaciones negativas para la salud humana y animal (Thacker, 2013). Para compensar la posible disminución en la producción durante esta etapa, se ha cambiado el enfoque para encontrar estrategias alternativas, no farmacéuticas, que sirvan en la prevención y el control de diarreas posdestete (Pluske et al., 2018), así como mejorar el rendimiento del animal. Como parte de estas alternativas, se investiga el uso del concentrado de proteína de papa en dietas preiniciadoras ,pues debido a sus características nutricionales es considerada como una proteína de alta calidad; además de que se ha reportado la presencia de péptidos antimicrobianos que pueden auxiliar en la reducción de bacterias potencialmente patógenas en TGI ((Almasia et al., 2017). Debido a que el concentrado de proteína de papa añadido al 4 % en el alimento para lechones (de Souza et al., 2019) ha resultado favorable sobre el desempeño productivo, morfología intestinal y digestibilidad de los nutrimentos, se planteó la hipótesis de que el incremento del porcentaje de inclusión de concentrado de proteína de papa (CPP) en una dieta libre de antibióticos mejoraría el desarrollo del TGI, el aprovechamiento digestivo de los nutrientes y la salud intestinal de los lechones durante las dos primeras semanas posdestete. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de 0, 6 y 8% de inclusión de concentrado de proteína de papa (CPP) en la dieta libre de antibiótico sobre el comportamiento productivo, el peso de los órganos digestivos, el pH de los contenidos digestivos y la incidencia y severidad de las diarreas en lechones durante las dos primeras semanas posdestete.

Metodología

El protocolo experimental fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales con número 78FCN2017. La fase experimental se llevó a cabo en las instalaciones de la unidad experimental porcina del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria (CENID) Fisiología y Mejoramiento Animal perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el Km 1, Carretera a Colón, Col. Ajuchitlán Colón, C.P. 76280, Querétaro. Los análisis de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y en el Laboratorio de Nutrición y en el Laboratorio de Biología Molecular del CENID Fisiología y Mejoramiento Animal.

Se utilizaron 165 lechones ((Large white x Landrace) x PIC337) destetados a los 23 ±2 días de edad con un peso de 6.85 ±0.93 kg. Se consideró el peso inicial como factor de agrupación para formar corrales de 5 animales cada uno asignando 11 corrales a cada tratamiento experimental. Los corrales de destete fueron elevados a razón de 38 cm de altura; piso de rejilla de 115 cm de ancho y 150 cm de largo teniendo 1.7 m2 de superficie efectiva; equipados con un bebedero de chupón y un comedero tipo tolva de 6

bocas. Los tratamientos experimentales fueron tres dietas, conformadas de la siguiente manera: dieta sin antibiótico (Control, C); dieta control + 6% de Concentrado de Proteína de Papa (CPP6) y dieta control + 8% de Concentrado de Proteína de Papa (CPP8). Las dietas se formularon tomando en cuenta los requerimientos nutricionales descritos en el NRC (2012) (Cuadro 1). Los lechones se pesaron el día 1, 7 y 15 del experimento. Diariamente se registró la cantidad de alimento ofrecido; semanalmente se pesaron los comederos para obtener el rechazo y posteriormente se calculó el consumo diario de alimento (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA) por corraleta. Adicionalmente se llevó a cabo la evaluación de la incidencia y severidad de la diarrea por corral. La incidencia de diarrea (ID) se midió como el número de días en que se observó diarrea dentro de un corral. La severidad de la diarrea (SD) consintió en otorgar una puntuación visual diaria en una escala de 0 a 3 basada en la consistencia fecal: 3 describe una diarrea severa y altamente fluida; 2 una diarrea moderada; 1 una diarrea ligera, pastosa; y 0 sin diarrea. Las puntuaciones diarias se sumaron en cada semana y en el periodo experimental para dar un índice de gravedad de la diarrea para cada corral. Este método de evaluación de la diarrea ha sido documentado previamente por de Souza et al. (2019). El día 15 posdestete se seleccionaron aleatoriamente seis lechones de cada tratamiento para ser eutanaziados. Se tranquilizaron con azaperona (Sural®) (20 mg/kg) y posteriormente se administró una sobredosis de pentobarbital sódico (50 mg/kg). Se procedió con la apertura de la cavidad abdominal para extraer los órganos digestivos (estómago, duodeno, yeyuno, íleon, ciego y colon)y realizar la toma de pH de sus contenidos por potenciometría; después se lavaron y pesaron para calcular el peso relativo de los mismos. Para el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis de varianza según un diseño de bloques completamente al azar, utilizando el peso de los lechones al destete como factor de bloqueo. Para los análisis de ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e incidencia y severidad de la diarrea, la unidad experimental fue el corral. Para el análisis del peso de los órganos digestivos y pH de los contenidos digestivos, la unidad experimental fue el lechón. Todos los datos se analizaron por medio del paquete estadístico SAS (2008). Las medias se compararon por el test de Duncan y las diferencias estadísticas se consideraron significativas con $P < 0.05$.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales.

Ingredientes	Dietas Experimentales		
	Control	CPP6	CPP8
Maíz amarillo	40.635	39.695	39.365
Pasta de soya	15.00	15.00	15.00
APS	11.55	6.98	5.46
CPP	-	6.00	8.00
Suero de leche dulce	24.69	24.69	24.69
Aceite de maíz	3.29	3.06	2.98
L-Lisina HCl	0.41	0.29	0.24
AminoGut® *	0.80	0.80	0.80
L-Treonina	0.11	0.01	0.00
DL-Metionina	0.22	0.17	0.15
L-Triptófano	0.01	0.00	0.00
Sal común	0.50	0.50	0.50
Carbonato calcio	0.54	0.48	0.45
Fosfato Bicalcico 18	1.64	1.71	1.74
Óxido de titanio	0.30	0.30	0.30
Vitaminas **	0.07	0.07	0.07
Colina	0.145	0.145	0.145
Minerales ***	0.10	0.10	0.10
Materia Seca (%)[a]	92.73	92.85	92.55
Proteína Cruda (%)[a]	23.12	22.99	23.82
EM (kcal/kg)[b]	3,400	3,400	3,400

APS: aislado de proteína de soya. CPP: concentrado de proteína de papa. *L-Glutamina, L-Ácido Glutámico (1:1). **premezcla vitamínica por kg de alimento: vitamina A 13,000 UI, vitamina D3 1,000 UI, vitamina E 160 mg, vitamina K 9 mg, tiamina 4 mg, riboflavina 12 mg, piridoxina 6 mg, cianocobalamina 0.07 mg, niacina 66 mg, ácido pantoténico 46 mg, ácido fólico 5 mg, biotina 0.67 mg, vitamina C 266 mg. ***premezcla de minerales por kg de alimento: manganeso 32 mg, zinc 120 mg, hierro 100 mg, cobre 12 mg, yodo 0.8 mg, selenio 0.25 mg, cobalto 0.6 mg. [a] Valor analizado. [b] Valor calculado

Resultados

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de la prueba de comportamiento productivo. Durante la primera semana posdestete los lechones alimentados con la dieta CPP6 obtuvieron mejores parámetros ($P<0.05$) que los de la dieta control; sin embargo, no hubo diferencia con relación a los animales de la dieta CPP8. En la segunda semana posdestete los parámetros productivos no fueron diferentes ($P>0.05$) entre los animales alimentados con las tres dietas

experimentales. Sin embargo, se observó una tendencia (P=0.076) de que los animales de la dieta CPP6 tuvieron un mejor consumo diario de alimento (CDA) y eficiencia alimenticia (EA) que los del tratamiento control, mientras que los del CPP8 presentaron un CA y EA intermedio. Al considerar todo el periodo experimental, el CDA fue superior (P<0.05) para los animales de la dieta CPP6 en comparación con los de la dieta control. Para la ganancia diaria de peso (GDP) se observó una tendencia (P=0.063) similar.

Cuadro 2. Efecto del nivel de inclusión de CPP sobre el comportamiento productivo.

Periodo	Dietas Experimentales			P	EEM
	Control	CPP6	CPP8		
Semana1					
GDP (g/d)	27[a]	56[a]	49[ab]	0.024	4.45
CDA (g/d)	125 [b]	148[a]	139[ab]	0.024	3.38
EA	0.213[b]	0.382[a]	0.340[ab]	0.044	0.29
Semana 2					
GDP (g/d)	101	115	112	0.614	6.37
CDA (g/d)	176	207	195	0.076	5.73
EA	0.570	0.582	0.580	0.996	0.37
Total					
GDP (g/d)	64	85	80	0.063	4.47
CDA (g/d)	151[b]	178[a]	167[ab]	0.020	3.97
EA	0.394	0.481	0.461	0.295	0.03

[ab]medias con distintas letras en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Los datos reportados sobre la evaluación de las diarreas se presentan en el Cuadro 3. La incidencia de diarrea no fue diferente (P>0.05) entre los animales de las tres dietas experimentales en ninguna de las dos semanas posdestete, ni durante todo el periodo experimental.

Cuadro 3. Efecto del nivel de inclusión de CPP sobre las diarreas posdestete.

Periodo	Dietas Experimentales			P	EEM
	Control	CPP6	CPP8		
Semana1					
ID (días)	5.09	5.45	5.31	0.136	0.08
ISD	1.52	1.52	1.53	0.995	0.03
Semana 2					
ID (días)	6.99	7.00	6.99	0.621	0.04
ISD	1.82[a]	1..57[b]	1.73[ab]	0.018	0.04
Total					
ID (días)	12.08	12.45	12.3	0.130	0.08
ISD	1.67	1.54	1.63	0.077	0.02

[ab]medias con distintas letras en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

En lo que corresponde a la severidad de la diarrea, sólo se observó diferencia (P<0.05) entre los animales de la dieta control y los de CPP6, siendo estos últimos los que presentaron diarreas con el menor índice de severidad. Durante todo el periodo, los lechones de la dieta CPP6 tuvieron una tendencia (P=0.077) a presentar un menor índice de severidad.

El pH del contenido estomacal de los lechones alimentados con las dietas control y CPP8 fue más ácido (P<0.05) en relación con el de los animales de la dieta CPP6 (Cuadro 4). El pH del contenido de los demás órganos no difirió (P>0.05) entre los animales de los tres tratamientos experimentales.

Cuadro 4. Efecto del nivel de inclusión de CPP sobre el pH de los contenidos digestivos.

Órgano	Dietas Experimentales			P	EEM
	Control	CPP6	CPP8		
Estómago	3.11[b]	3.91[a]	3.11[b]	0.037	0.04
Duodeno	5.05	4.82	4.84	0.836	0.05
Yeyuno	5.88	6.01	5.79	0.659	003
Íleon	5.84	6.14	5.89	0.743	0.05
Ciego	5.38	5.43	5.47	0.933	0.12
Colon	5.66	5.64	5.74	0.762	0.06

[ab]medias con distintas letras en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Los pesos relativos de los órganos digestivos, reportados en el Cuadro 5, muestran que no hay diferencia (P>0.05) entre los lechones alimentados con las tres dietas experimentales.

Cuadro 5. Efecto del nivel de inclusión de CPP sobre el peso relativo de los órganos digestivos[1].

	Dietas Experimentales			P	EEM
	Control	CPP6	CPP8		
Estómago	9.66	9.38	9.75	0.850	0.30
Hígado	33.30	32.23	33.02	0.940	1.40
Páncreas	1.97	1.97	2.4	0.444	0.17
I. Delgado	68.37	62.00	68.33	0.379	3.18
I. Grueso	26.55	22.60	27.92	0.195	0.93

[1]Valores expresos en g/Kg de peso vivo. [ab]medias con distintas letras en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Discusión

Frecuentemente se observa una reducción del consumo de alimento en la etapa posdestete debido a los factores estresantes del destete (Van Noten et al., 2015), lo que conlleva bajas ganancias de peso sobre todo en la primera semana posdestete. de Souza et al.

(2019) observaron que la inclusión de 4% de CPP en la dieta para lechones redujo el consumo de alimento y consecuentemente pérdida de peso en la primera semana posdestete. El mayor consumo en la primera semana posdestete observado en los lechones que consumieron la dieta con 6 % de CPP es un resultado muy interesante, una vez que casi exclusivamente se reporta este efecto con la inclusión de plasma porcino en las dietas para lechones (Balan et al., 2020). Sin embargo, el incremento de la inclusión de CPP a (8 %) resultó en una reducción del consumo, como lo reportaron Solà et al. (2011). Sin embargo, resulta contrario a lo que observaron Kerr et al. (1998), donde muestran que el 8% de la proteína de papa con bajo contenido de glicoalcaloides podría incluirse en las dietas iniciadoras de los lechones destetados para reemplazar la proteína del plasma animal sin afectar el rendimiento animal. Por otro lado, se observó un efecto positivo de la inclusión de 6% de CPP sobre la severidad de las diarreas. Este también es un aspecto interesante y puede ser explicado por los péptidos antimicrobianos de la proteína de papa (Almasia et al., 2017). Los valores de peso de los órganos y del pH están dentro de los rangos normales observados en otros trabajos (Gómez Soto et al., 2018) y demuestran que la adición del concentrado de proteína de papa a la dieta de lechones no tuvo un efecto negativo sobre el desarrollo de los lechones.

Conclusiones

Se concluye que la inclusión de 6% de CPP a la dieta sin antibiótico mejoró los parámetros productivos y disminuyó la severidad de las diarreas. Además, no mostró un efecto adverso al desarrollo del lechón. Lo anterior indica que es una alternativa para contrarrestar la ausencia de antibiótico en la dieta. Sin embargo, el incremento del nivel de inclusión (8%) no demostró traer una ventaja desde el punto de vista morfofisiológico.

Referencias bibliográficas

Almasia, N. I., Molinari, M. P., Maroniche, G. A., Nahirñak, V., Barón, M. P. B., Taboga, O. A., & Rovere, C. V. (2017). Successful production of the potato antimicrobial peptide Snakin-1 in baculovirus-infected insect cells and development of specific antibodies. BMC biotechnology, 17(1), 75.

Balan, P., Staincliffe, M., & Moughan, P. J. (2020). Effects of spray-dried animal plasma on the growth performance of weaned piglets—A review. J Anim Physiol Anim Nutr. 00: 1–16.

de Souza, T. C. R., Barreyro, A. A., Rubio, S. R., González, Y. M., García, K. E., Soto, J. G. G., & Mariscal-Landín, G. (2019). Growth performance, diarrhoea incidence, and nutrient digestibility in weaned piglets fed an antibiotic-free diet with dehydrated porcine plasma or potato protein concentrate. Annals of Animal Science, 19(1), 159-172.

Gómez Soto, J. G., Reis de Souza, T. C., Mariscal Landin, G., Aguilera Barreyro, A., Bernal Santos, M. G., & Escobar García, K. (2018). Gastrointestinal morphophysiology and presence of kafirins in ileal digesta in growing pigs fed sorghum-based diets.J. Applied Anim Res. 46(1), 618-625.

Kerr, C. A., Goodband, R. D., Smith, J. W., Musser, R. E., Bergström, J. R., Nessmith Jr, W. B., ... & Nelssen, J. L. (1998). Evaluation of potato proteins on the growth performance of early-weaned pigs .J. Anim. Sci. 76(12), 3024-3033.

Li K., Xiao Y., Chen J., Chen J., He X., Yang H. (2017). Microbial composition in different gut locations of weaning piglets receiving antibiotics. Asian-Australas. J. Anim. Sci., 30: 78–84.

Ma, X. K., Shang, Q. H., Wang, Q. Q., Hu, J. X., & Piao, X. S. (2019). Comparative effects of enzymolytic soybean meal and antibiotics in diets on growth performance, antioxidant capacity, immunity, and intestinal barrier function in weaned pigs. Anim Feed Sci Tech, 248, 47-58.

Pluske, J. R., Turpin, D. L., & Kim, J. C. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. Animal Nutrition,4(2), 187-196.

SAS (2008). Statistical analysis system. User's guide, version 9.2. Cary, NC; SAS Institute Inc.

Solà-Oriol, D., Roura, E., & Torrallardona, D. (2011). Feed preference in pigs: Effect of selected protein, fat, and fiber sources at different inclusion rates. J. Anim Sci., 89(10), 3219-3227.

Thacker P.A. (2013). Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: A review. J. Anim. Sci. Biotechnol., 4: 35.

Van Noten, N., De Smet, S., Michiels, J., & Degroote, J. (2015). Implementation of an oxidative stress model for weaned piglets and effect on intestinal health. In 40th Animal Nutrition Research Forum (ANR Forum).

Zhang, W., Bao, C., Wang, J., Zang, J., & Cao, Y. (2020). Administration of Saccharomyces boulardii mafic-1701 improves feed conversion ratio, promotes antioxidant

capacity, alleviates intestinal inflammation and modulates gut microbiota in weaned piglets. Journal of Animal Science and Biotechnology, 11(1), 1-11.

Obtención de harinas de frijol usando tecnologías emergentes

Lima-Becerra, I.[1]*, Gaytán-Martínez, M.[2], Balbuena-Alonso, M.[2], Mojica, L.[3], Loarca-Piña, F.[2], Morales-Sanchez E[4]

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química / [2]Universidad Autónoma de Querétaro, Posgrado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos / [3]Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Tecnología alimentaria / [4]Instituto Politécnico Nacional. Cicata-IPN Unidad Querétaro.

[1]* Cerro de las Campanas S/N, Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro. México.

Phone: +524425617740

E mail: ingrid.limab@outlook.com

RESUMEN

Introducción. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es importante por su alta disponibilidad y bajo costo. Por ello, el interés de la aplicar de nuevas tecnologías de procesamiento para mejorar el perfil nutricional del frijol ha ido en aumento, enfocado a incrementar su utilidad para obtener harina. Objetivo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar las propiedades tecno-funcionales y compuestos antinutricios de la harina de frijol procesada mediante calentamiento óhmico y cocción tradicional. Metodología. Se obtuvieron harinas de frijol usando calentamiento óhmico (Humedad del 50% por 10 min a 110°C), el proceso tradicional (Exceso de agua, por 2 h a 90°C), y del producto crudo. Se evaluaron y compararon características tecno-funcionales (Índice de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, viscosidad, capacidad emulsificante, espumante y de gelificación) y factores antinutricios (proteína soluble, lectinas e inhibidores de tripsina). Resultados. El calentamiento óhmico obtuvo valores más altos en capacidad espumeante, emulsificante y viscosidad; mientras que en los demás parámetros se mantuvo al mismo nivel que la cocción tradicional. Por otra parte, no hubo diferencias en el perfil electroforético de proteínas de las harinas de frijol. Así mismo, el tratamiento óhmico redujo los inhibidores de tripsinas entre 25.42 y 57.44%, no cambiando el perfil de solubilidad de proteínas. Conclusión. El procesamiento del frijol por calentamiento óhmico puede ser una alternativa al presentar resultados comparables con el tratamiento convencional, pudiendo ser un potencial ingrediente en la formulación de nuevos productos funcionales.

Palabras clave: Calentamiento óhmico, frijol común, cocción tradicional, tecno-funcionalidad, antinutricios.

SUMMARY

Introduction. The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is important for its high availability and low cost. Therefore, the interest in applying new processing technologies to improve the nutritional profile of beans has been increasing, focused on increasing its usefulness to obtain flour. Objective. Therefore, the objective of this work was to evaluate and compare the techno-functional properties and antinutritional compounds of bean flour processed by ohmic heating and traditional cooking. Methodology. Bean flours were obtained using ohmic heating (Humidity of 50% for 10 min at 110°C), the traditional process (Excess of water, for 2 h at 90 C), and from the crude product. Techno-functional characteristics (water absorption index, oil absorption capacity, viscosity, emulsifying, foaming and gelling capacity) and anti-nutritional factors (soluble protein, lectins and trypsin inhibitors) were evaluated and compared. Results. Ohmic heating obtained higher values in foaming, emulsifying and viscosity capacity, while in the other parameters it was kept at the same level as traditional cooking. On the other hand, there were no differences in the protein electrophoretic profile of bean flours. Likewise, the ohmic treatment reduced the trypsin inhibitors between 25.42 and 57.44%, not changing the protein solubility profile. Conclusion. The

processing of beans by ohmic heating can be an alternative as it presents results that are comparable with conventional treatment and, can be a potential ingredient in the formulation of new functional products.

Keywords: Ohmic heating, common bean, traditional cooking, techno-functionality, anti-nutritional factors

INTRODUCCIÓN

El frijol común está clasificado por la FAO como la leguminosa alimentaria más importante para el consumo humano y esencial para la seguridad alimentaria de una nación. En México, es el segundo en importancia, solo después del maíz (FIRA, 2016), que se distingue por su alto contenido en proteínas, además de su aporte de carbohidratos, fibra dietética, vitaminas, minerales y fitoquímicos. Además de esto, el consumo de frijoles se ha asociado con la prevención y reducción de varias enferrmedades crónicas no transmisibles, como cáncer, obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Sparvoli et al., 2016), debido a su contenido de fitoquímicos, relacionados con la actividad antioxidante, efectos antimutagénicos y anticancerígenos (Pedrosa et al., 2020).

Sin embargo, el consumo de frijol en México ha disminuido en los últimos treinta años, de 16 a 9,9 kg de consumo anual *per cápita*. Para mejorar este consumo, se ha propuesto su uso como harina, para ser utilizado como ingrediente tecno-funcional, aumentando el valor nutricional de diversos alimentos, como tortillas, panes, galletas, frituras, snacks, etc., debido a que los consumidores prefieren alimentos con propiedades saludables percibidas y, al mismo tiempo, convenientes para el consumo, almacenamiento y manipulación (Ramírez-Jiménez et al., 2018).

Por otro lado, las propiedades tecno-funcionales son características fisicoquímicas, que en las harinas de leguminosas dependen principalmente de la presencia y comportamiento de proteínas y carbohidratos en la matriz alimentaria (Pedrosa et al., 2020). Estas propiedades se establecen por la composición y estructura molecular de los componentes individuales y las interacciones que se establecen entre ellos. Estas características están influenciadas por el tipo de procesamiento al que se somete el alimento y tienen un impacto directo en la calidad final del producto.

Recientemente, el calentamiento óhmico ha demostrado ser una alternativa para el procesamiento de alimentos, con ventajas sobre otras tecnologías, debido al calentamiento rápido y uniforme, lo que se traduce en una reducción del tiempo de procesamiento, la distribución uniforme del calor en los alimentos y una eficiencia energética del 90% (Barrón-García et al., 2019). Además, permite la conservación de los constituyentes nutricionales de la materia prima. Este calentamiento se produce cuando una corriente eléctrica atraviesa un alimento provocando un aumento de la temperatura en su interior como consecuencia de la resistencia que ofrece el alimento al paso de la corriente eléctrica (efecto Joule). La cantidad de calor generado está directamente relacionada con la corriente eléctrica y el voltaje aplicado (Barrón-García et al., 2019), por lo que se debe considerar: la cantidad de agua e iones, la forma y tamaño de la partícula, la viscosidad y otras características del alimento (Gavahian et al., 2019). Sin embargo, no se han reportado estudios que evalúen el efecto del procesamiento de frijoles por calentamiento óhmico. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue demostrar la ventaja del calentamiento óhmico frente a la cocción tradicional en harinas de frijol, evaluando y comparando sus características tecnológicas y factores antinutricionales.

METODOLOGÍA

Material biológico

Se utilizaron semillas de frijol común negro (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad San Luis, cosecha 2017 de Zacatecas, México, donadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, México).

Calentamiento óhmico (CO)

Las muestras se acondicionaron con una parte de agua y una parte de frijoles antes de la cocción. Se utilizó un calentador óhmico tipo batch. Las muestras se calentaron óhmicamente hasta alcanzar la temperatura de calentamiento final (110 °C), durante 10 min a un voltaje de 60 V. Una vez procesadas las muestras, se secaron en un deshidratador a 50 °C durante 48 h, posteriormente se molieron (Molino de café) y se tamizaron a través de una malla No. 60 para obtener la harina. Todas las harinas de óhmico (HCO) se almacenaron en tubos Corning ™ de 50 mL a 4 ° C hasta su uso.

Cocción tradicional (CT)

Los frijoles se cocinaron mediante un proceso "tradicional". Se colocó una proporción 1: 5 (p/v) se dejó hervir durante 2.5 h. Los frijoles, así como el caldo de cocción, se deshidrataron a una temperatura de 50 ° C durante 48 h. Luego, los granos deshidratados se molieron en un molino de café y se tamizaron con una malla No. 60. Las harinas por cocción tradicional (HCT) se almacenaron en tubos Corning de 50 ml a 4 ° C hasta su uso.

Crudo (C)

La muestra cruda se molió en un molino de café y se tamizaron con una malla No. 60. Cada harina (HC) se almacenó en tubos Corning de 50 ml a 4 ° C hasta su uso.

Índice de absorción de agua (IAA)

El IAA se determinó mediante el método descrito por Alfaro-Diaz et al. (2020). 5 g de harina deshidratada (HFD) se mezclaron en 30 mL de agua destilada en un tubo de centrífuga de 50 mL pesado previamente, se agitó con vórtex durante 1 min y se centrifugó a 3000 g durante 10 min a 25 ° C. Se desechó el líquido sobrenadante y se drenaron los tubos, durante 10 minutos sobre una toalla de papel y se pesó el tubo. Los resultados se expresan como gramos de agua retenida por gramo de sólido seco (g/g).

Capacidad de absorción de aceite (CAO)

La CAO se determinó según Alfaro-Diaz et al. (2020). Un gramo de cada HFD se le adicionaron 10 mL de aceite vegetal en un tubo de centrífuga de 50 mL previamente pesado. La suspensión se agitó durante 2 minutos, se dejó reposar a 28ºC durante 30 min y luego se centrifugó a 15000 g durante 20 min. El sobrenadante se decantó y se descartó. Las gotitas de aceite adheridas al tubo de centrífuga se retiraron con algodón y luego se pesó el tubo. El resultado se calcula y expresa como el peso de aceite absorbido por gramo de harina.

Capacidad emulsionante (CEm)

Se mezcló 1 g de cada harina con 20 mL de agua y se agitó durante 15 min. Luego, se ajustó el pH a 7 y se completó hasta 25 mL con agua destilada. Posteriormente se agregaron los 25 mL de la mezcla con más 25 mL de aceite de maíz en una licuadora y se mezclaron por 3 min. Posteriormente, la muestra se centrifugó a 1300 g durante 5 min. La emulsión se expresa en términos porcentuales, como la altura de la capa emulsionada con respecto al líquido total (Alfaro-Diaz et al., 2020).

Capacidad espumante (CE) y estabilidad de la espuma (EE)

Esta sección se realizó según lo informado por Chandra et al. (2015). Se mezclaron 2 g de muestra con 100 mL de agua en una licuadora durante 5 min. Transcurrido este tiempo, se transfirieron a una probeta de 200 ml y se midió el volumen final después de 30 s de vertido. CE se expresa como el aumento porcentual de volumen en comparación con el volumen original como se muestra en la fórmula. La EE se midió a intervalos de tiempo de 0, 30, 60 y 120 min con el procedimiento de medición anterior, también en porcentaje.

Concentración mínima de gelificación (CG)

La CG se realizó mediante la metodología de Chandra et al. (2015) con ligeras modificaciones. Se prepararon suspensiones al 4, 8, 12 y 14% (p/v) en agua destilada, se tomaron 5 mL en tubos de ensayo, se colocaron en baño caliente a 100 ° C por 1 h y luego

en baño de hielo por 1 h. La resistencia del coágulo se evaluó invirtiendo el tubo. La concentración de proteína más baja que formó un gel estable (permaneció en un tubo de ensayo invertido) se consideró como GC.

Propiedad de pasta

El contenido de humedad de la harina se ajustó al 14% (en base húmeda). Los ciclos de calentamiento y enfriamiento se iniciaron a una temperatura de 50 °C, durante 1 min, y luego la temperatura se fue subiendo gradualmente en 7.5 C/min hasta alcanzar 92 °C, donde permaneció por 5 min y luego se enfrió (también a 7.5 °C/min) hasta alcanzar los 50 °C donde se mantuvo durante 1 min. Del perfil de viscosidad se determinó la temperatura de pegado (°C), viscosidad máxima y viscosidad final en Pascal por segundo (Pa/s) (Natabirwa et al., 2015).

Cuantificación de proteínas solubles

El contenido de proteína soluble se determinó mediante la metodología de Mojica y de Mejía (2015) con algunas modificaciones. Las muestras de frijoles se desgrasaron antes del análisis. Después de eso, se añadió agua destilada en una proporción de 1:10 (muestra: agua) y se ajustó el pH a 8,5 con NaCO 1 M. La mezcla agitó (200 rpm) durante 2 h a temperatura ambiente, posteriormente se centrifugó a 10.000 g a 4ºC durante 20 min. El sobrenadante se almacenó en refrigeración y se añadió agua destilada al sedimento en una proporción de 1:5 (p: v). Se agitó durante 2 h y se centrifugó a 10.000 g a 4 °C durante 20 min. Ambos sobrenadantes se mezclaron y se ajustó el pH a 4.4. Se dejó en agitación durante 2 h y se centrifugó a 10.000 g a 4 °C durante 20 min. Los aislados proteicos se almacenaron a -80 ºC.

Se pesaron aproximadamente 2 mg de estos aislados y se cuantificó la concentración de proteína con el kit de ensayo de proteínas Pierce ™ BCA (Thermo, Scientific).

Cuantificación de lectinas

Se realizó una extracción de las lectinas en la harina usando una solución tampón de fosfato (K_2HPO_4 5 mM y NaCl 0,15 M pH 7,4). Se pesaron 0,1 g de harina de frijol, se le añadieron 10 mL de tampón fosfato y se dejó en agitación continua durante 18 h. Después, la mezcla se centrifugó a 12.000 g y el sobrenadante se utilizó para el ensayo de hemaglutinación utilizado por Sánchez-Quezada (2018). La actividad hemaglutinante se expresa en unidades de hemaglutinina/mg de proteína. Las unidades de hemaglutinina se definieron como la inversa de la última dilución que mostró aglutinación positiva.

Cuantificación de inhibidores de tripsina

La cuantificación de los inhibidores de tripsina se realizó mediante la técnica propuesta por Sánchez-Quezada (2018). La actividad inhibidora de la tripsina se midió como la actividad tríptica residual, usando BAPNA (N-benzoil-DL-arginina pnitroanilida) como sustrato. La actividad inhibidora de la tripsina total se peexpresó como TIU por mg de muestra (TIU/mg).

Análisis estadístico

Todas las mediciones se llevaron a cabo como experimentos por duplicado separados. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar (DE) y el análisis ANOVA y la comparación de medias se realizó utilizando una prueba de TukeyHSD (α = 0,05) para todos los tratamientos. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa JMP® 8.0.

RESULTADOS

Índice de absorción de agua (IAA)

Para HCO se presentó una concentración promedio de 2.91 g de agua/g de muestra (Figura 1). Este resultado representa un aumento significativo en la absorción del 29% respecto a HC. Los resultados encontraron son semejantes a los reportado en la literatura (Ramírez-Jiménez et al., 2014). La HCO y HCT no mostraron diferencias significativas. Por otro lado, los datos obtenidos, tanto para HCO como para HCT, son consistentes con los valores reportados para asegurar

que se tiene una cocción completa del frijol (Ramírez-Jiménez et al., 2014).

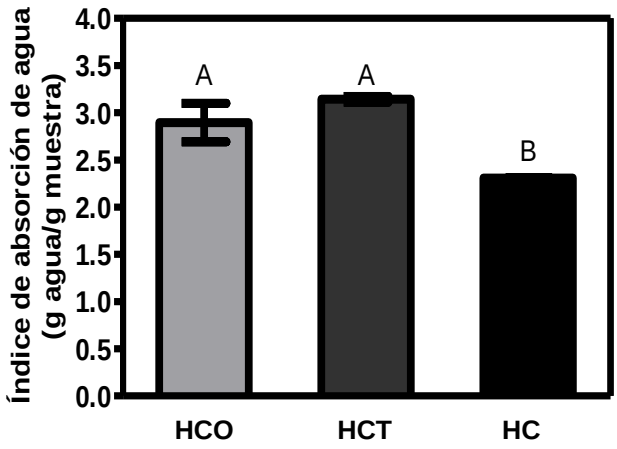


Figura 1. Índice de absorción de agua de las harinas de frijol procesadas por diferentes tratamientos.Cada valor representa la media de dos repeticiones±DS. Valores con la misma letra no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05).

Capacidad de absorción de aceite (CAO)

La CAO se encontró en 0.80 mL de aceite/g de muestra para HCO (Figura 2). Las diferencias encontradas no fueron significativas entre HC y HCT con 0.94 y 0.95 mL de aceite/g de muestra respectivamente, coincidiendo con los resultados obtenidos por Ramírez-Jiménez et al. (2014).

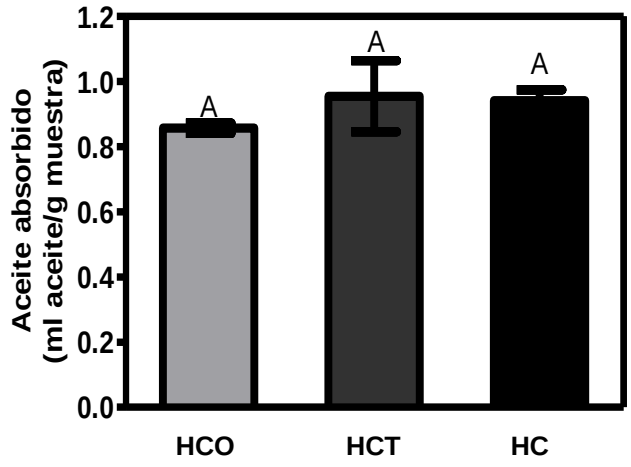


Figura 2. Capacidad de absorción de aceite de las harinas de frijol procesadas por diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de dos repeticiones±DS. Valores con la misma letra no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05).

Capacidad emulsionante (CEm)

La CEm de las harinas procesadas por CO mostró valores del 45% (Figura 3), análisis y comparado con HCT, no se mostraron diferencias (Figura 3). Estos resultados concuerdan con otros estudios con otros métodos de cocción (Alves et al., 2019), y representa un aumento aproximado del 15% con respecto al producto crudo (Figura 3).

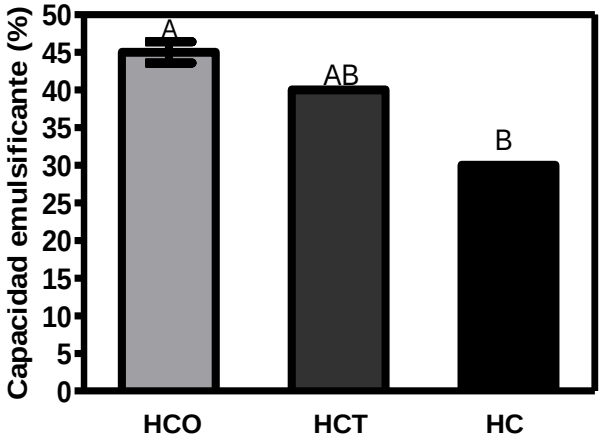


Figura 3. Capacidad emulsificante de las harinas de frijol procesadas con diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de dos repeticiones±DS. Valores con la misma letra no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05).

Capacidad espumante (CE) y estabilidad de la espuma (EE)

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos para CE, donde las muestras de HCO obtuvieron el mayor CE y EE (Tabla 1) después de la cocción.

Tabla 1. Estabilidad de la espuma (%) de las harinas de frijol procesadas con diferentes tratamientos

Muestra	30'	60'	120'
HCO	6 ± 0.00^{b}	5.5 ± 0.71^{b}	$5\pm0.00b^{b}$
HCT*	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}
HC	15 ± 0.00^{a}	13.5 ± 0.71^{a}	13 ± 51.41^{a}

Cada valor representa la media de dos repeticiones±DS. Valores con la misma letra en una misma columna no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05). Los tratamientos marcados con asterisco son aquellos que mostraron diferencias con respecto a su capacidad espumante inicial.

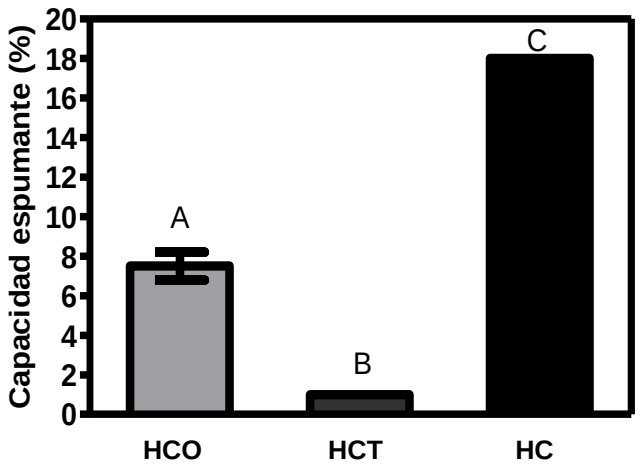


Figura 4. Capacidad espumeante de las harinas de frijol procesadas por diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de dos repeticiones±DS. Valores con la misma letra no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05)

Concentración mínima de gelificación (CG)

Las CG observadas para las harinas de frijol a diferentes concentraciones se muestran en la Tabla 2. Se observó que la gelificación completa para HCO fue a una concentración de 8%. Estos resultados coninciden con lo reportado para otros métodos de cocción (Chandra et al., 2015)

Tabla 2. Capacidad de gelificación de las harinas de frijol procesadas con diferentes tratamientos

Muestra	Concentración de harina (%)			
	4	8	12	14
HCO	-	X	X	X
HCT	X	X	X	X
HC	-	-	X	X

X: Gelificación completa; -: no gelificación.

Propiedades de pasta

Las harinas mostraron una disminución en su viscosidad en contraste con el producto crudo como efecto de la cocción (Tabla 3). Se observó un aumento gradual de la viscosidad a medida que aumentaba la temperatura, lo que puede deberse a que los gránulos de almidón gelatinizado y otros compuestos, como proteínas y fibra, pueden haber contribuido a la estabilidad de la pasta (Marquezi et al., 2016).

La temperatura de la pasta varió entre 77-81 °C (Tabla 3) y los tratamientos no mostraron diferencias significativas. Estas temperaturas coinciden con lo reportado por Natabirwa et al. (2018), donde el rango va de 71 ° C a 89 ° C. La viscosidad máxima estuvo en el rango de 168-330 cp, la viscosidad mínima varió de 27 a 33 cP y el rango de viscosidad final entre 373-958 cP (Tabla 3). Todas las harinas mostraron un aumento gradual de la viscosidad con la temperatura y estos resultados son consistentes con otros estudios sobre harinas de frijol cocidas por extrusión y cocción tradicional (Marquezi et al., 2016), a excepción de la minina, que fue menor a la reportada anteriormente (Marquezi et al., 2016; Natabirwa et al., 2018).

Tabla 3. Propiedades de pasta de harina de frijol crudo y procesado

Muestra	Viscosidad			TP* (°C)
	Máxima (cP)	Mínima (cP)	Final (cP)	
HCO	168 ± 1.6^{c}	28 ± 0.1^{b}	373 ± 3.2^{b}	77.9 ± 0.3^{a}
HCT	344 ± 56.4^{b}	43 ± 1.6^{a}	755 ± 167^{c}	81.3 ± 0.3^{a}
HC	$3117\pm7-2^{a}$	39 ± 0.8^{a}	4821 ± 79.2^{a}	81.4 ± 1.9^{a}

Cada valor representa la media de dos repeticiones ±DS. Valores con la misma letra en una misma columna no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05). *TP= Temperatura de pasta

Cuantificación de proteínas solubles

La Figura 5 muestra el contenido de proteína de las harinas de frijol. Las harinas procesadas por CO tienen una concentración de proteína entre 34.7 g de proteína soluble/100 g de muestra. Estos valores no presentan una diferencia estadística importante con respecto a HC y HCT. Además, la concentración obtenida para HCO es superior a la reportada en otros estudios para otras variedades de frijol (Mojica y de Mejía, 2015).

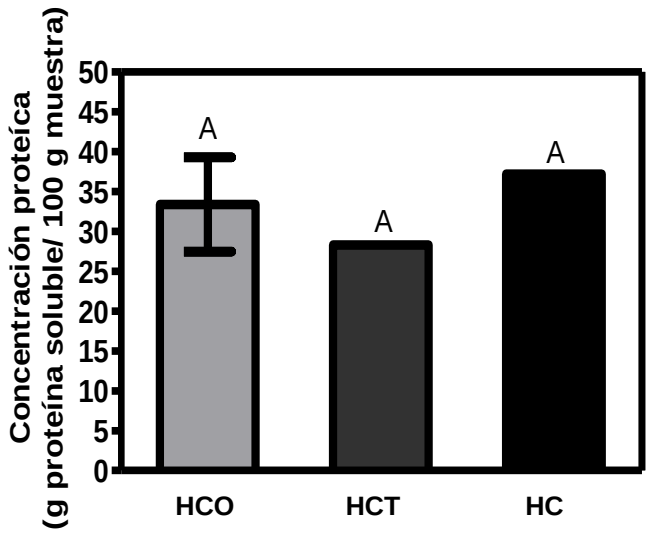


Figura 5. Concentración de proteínas de cada muestra de harina. Cada valor representa la media de dos repeticiones±DS. Valores con la misma letra no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05)

Cuantificación de lectinas

La Tabla 4 muestra la capacidad de hemaglutinación de la harina de frijol cruda en comparación con las harinas sometidas a los diferentes procesos térmicos. Se observó que la HC presentó una alta concentración de hemaglutinación, lo que concuerda con lo reportado en la literatura (Mojica y de Mejía, 2015), en comparación con las muestras de HCO y HCT, en el que el antinutricio no fue detectable.

Tabla 4. Concentración de compuestos antinutricios

Muestra	Título de hemaglutinación / mg de proteína	Inhibidores de tripsina (UIT/mg)
HCO	ND	14.71 ± 0.25^{b}
HCT	ND	8.5 ± 0.71^{c}
HC	688.17 ± 0.00	19.72 ± 1.29^{a}

ND: No detectado. Los resultados se presentan como la media de las determinaciones ±DS n=2 Valores con la misma letra en una misma columna no son diferentes entre sí (Tukey α=0.05).

Cuantificación de inhibidores de tripsina

En la Tabla 4 se muestra el contenido de inhibidores de tripsina para todas las harinas analizadas, obteniendo una concentración de 19.72 ± 1.29 UIT/mg para HC, encontrándose que el proceso CO mostró una reducción significativa del 25.42% con respecto a la harina cruda. Al comparar HCO con HCT, se presentaron diferencias estadísticas significativas, además de ser un porcentaje menor al de otros reportes (Sánchez-Quezada, 2018).

DISCUSIÓN

Índice de absorción de agua (IAA)

Los resultados obtenidos para HCO (Figura 1) pueden deberse a la fracción de albúmina, que al aplicar corriente eléctrica puede provocar la ionización de los grupos SH, haciendo más reactivos, o una desnaturalización parcial, provocando una mayor concentración de grupos polares (Alfaro-Díaz et al., 2020)generados por la corriente eléctrica, resultando en una mejor interacción con agua. A diferencia que en el HCT la albúmina y globulinas se pierde durante la cocción ya que es soluble en agua.

Capacidad de absorción de aceite

La harina de HCO (Figura 2), al modificar la orientación de las cargas hidrófilas hacia el exterior, podría provocar que los aminoácidos hidrófobos se orienten hacia el interior de la estructura de manera más electiva. Por lo que se puede decir que hay menos cadenas laterales apolares disponibles en las moléculas de proteína de la harina (Ramírez Jiménez et al., 2014), lo que disminuye su capacidad para unirse al aceite. Otra opción es que se han fomentado las interacciones almidón-proteína, que pueden influir en el fenómeno de disminución de la absorción de aceite. Esto nos permitiría obtener productos fritos reducidos en grasa. En el caso de HCT los cambios pudieron ser debidos a el proceso de desnaturalización de proteínas (Alfaro-Díaz et al., 2020) o bien, al retirar la cascara, el reducir el contenido de fibra, la cual también puede tener asociaciones con los lípidos, se reduce su capacidad de absorber el aceite (Wong et al., 2016).

Capacidad emulsificante

Si bien la estructura compacta y rígida de las globulinas, la principal fracción proteica de los frijoles, no las convierte en proteínas con buen potencial para funciones emulsionantes/ espumantes en el producto crudo (Alfaro-Diaz et al., 2020), los resultados encontrados indican que las muestras procesadas por CO tienen la capacidad de desarrollar y mejorar esta propiedad (Figura 3). Lo cual está muy relacionado con IIA (Figura 1), ya que, si tiene una menor absorción, la cantidad de agua disponible no será suficiente para mantener la dispersión de la grasa, la cual no aumenta significativamente en relación al producto crudo.

Además, aunque este efecto se debe principalmente a las proteínas, que disminuyen la tensión superficial de la gota de aceite la presencia de algunos polisacáridos también puede estar influyendo, ayudando a estabilizar la emulsión aumentando la viscosidad del sistema (Alfaro-Díaz et al., 2020).

Capacidad espumante (CE) y estabilidad de la espuma (EE)

HCO tuvo mayor porcentaje de espuma (Figura 4) y esta se mantuvo estable por mayor tiempo (Tabla 1), contrario a lo reportado anteriormente donde el procesamiento térmico es un factor con la capacidad de disminuir y/o eliminar este parámetro (Wang et al., 2017), debido a la desnaturalización y/o solubilización de la albúmina (por el exceso de agua para la cocción), a lo que se atribuye este fenómeno y es menos afectado por el CO, como se comentaba anteriormente en el IAA.

Concentración mínima de gelificación (CG)

Los resultados obtenidos para CG (Tabla 2) podrían explicarse por el hecho de que, como se mencionó anteriormente, la corriente eléctrica podría modificar la conformación de las proteínas, promoviendo la interacción proteína-proteína, creando redes de polipéptidos entrelazados donde queda atrapada el agua.

Propiedades de pasta

De manera general, se observa que con la aplicación del CO hay una reducción de la viscosidad de la muestra en comparación a con las harinas cocidas por CT.

An y King (2007), en un estudio realizado con harinas de arroz, concluyeron que las condiciones de CO podrían alterar sus propiedades térmicas, debido a la interacción de otros componentes con almidón, como proteínas, fibras y lípidos, provocando una mayor resistencia a la gelatinización, resultando en un aumento de la temperatura de pasta (Marquezi et al., 2016). Afirmaron además que una velocidad de calentamiento más rápida parecía gelatinizar menos las muestras debido al tiempo de cocción más corto, lo que resulta en más energía requerida para la gelatinización (An y King, 2007); sin embargo, esto tendría que ser verificado para frijoles por otros estudios.

En este estudio se observa que al aplicar el tratamiento térmico se produce una reducción de la viscosidad máxima. La disminución del contraste con la harina sin procesar se puede atribuir a la desnaturalización de las proteínas, la descomposición del almidón y la pregelatinización así como a las interacciones almidón-proteína que resultan en estructuras con baja capacidad de interacción con el agua, en comparación con el producto crudo (Nkundabombi et al., 2015; Natabirwa et al., 2018). Además, puede deberse a que al alcanzar un aumento en el tamaño del gránulo máximo de almidón se produce una disminución de la conductividad eléctrica, lo que disminuye el movimiento de las partículas. Esto provoca un aumento de la resistencia, lo que provoca cambios en la estructura del almidón, lo que se refleja en la disminución de la viscosidad y mayor solubilidad en agua. Al aplicar CO, el frijol y el agua se calienta simultáneamente, generando calor internamente debido a la energía eléctrica aplicada (Gaytán-Martínez et al., 2012), que al alcanzar un aumento en el tamaño del gránulo de máximo almidón, se produce una disminución de la conductividad eléctrica, lo que disminuye el movimiento de las partículas, que provoca cambios estructurales en el almidón, resultando en una disminución de la viscosidad y una menor tendencia a la retrogradación por voltaje, pero

con una mayor estabilidad de cocción en comparación con los no tratados. Probablemente relacionadas con mayores cantidades de lixiviación de amilosa, ya que la retrogradación es la reagrupación de cadenas de almidón desordenadas al enfriarse y almacenarse (Gaytán Martínez et al., 2012). Por otra parte, tener una viscosidad mínima más baja refleja diferencias en la susceptibilidad a la descomposición del almidón bajo procesamiento térmico. Las características de viscosidad mínima pueden estar asociadas con la tasa de exudación de amilosa, hinchazón de los gránulos y formación del complejo amilosa-lípido (Natabirwa et al., 2018).

Cuantificación de proteínas solubles

Generalmente, se esperaría una disminución en la solubilidad de las proteínas por efecto del procesamiento térmico, como consecuencia de la desnaturalización y posterior agregación de las proteínas (Mojica y de Mejía, 2015), sin embargo, no se observó una reducción importante aplicando el CO; además, las concentraciones obtenidas tanto en HCO como HCT, es superior a la reportada en otros estudios para otras variedades de frijol (Mojica y de Mejía, 2015). Esta concentración es considerada el factor más importante para las propiedades tecno-funcionales, ya que la mayoría de las proteínas a las que se atribuyen tales efectos son solubles, como la albúmina y las globulinas (Alfaro-Diaz et al., 2020).

Cuantificación de lectinas

Estos resultados están de acuerdo con Sánchez-Quezada (2018) el proceso térmico degrada las hemoglutininas.

Estas propiedades antinutricionales son de interés porque algunas lectinas deterioran la integridad del epitelio intestinal y, por tanto, también la absorción y aprovechamiento de nutrientes (Sánchez-Quezada, 2018), por tanto, estos resultados nos permiten comprobar que la alternativa CO asegura la inactivación de estos compuestos antinutricios. En CT, esta disminución de la actividad de la proteína se debe a la desnaturalización de la proteína, ya sea por calentamiento o por fuerza mecánica. Es importante mencionar que en el caso de la HCO el tiempo de procesamiento es de 10 min comparado con la HCT que se requiere 2 h de cocción. En el caso del CO, se tiene tanto el efecto de la temperatura como del campo eléctrico (Barrón-García et al., 2019), lo que ocasiona un cambio de conformación, provocado por la reorientación de las cargas, por la corriente eléctrica, provocando que la proteína se desnaturalice y, por tanto, su actividad disminuya.

Inhibidores de tripsinas

A pesar de tener una concentración por arriba de lo reportada, se ha observado gracias a la aplicación de la corriente eléctrica, puede existir un cambio de conformación de la enzima, lo que puede resultar en la disminución de su actividad biológica (Barrón-García et al., 2019), esto sumado a que se ha informado que se necesita al menos una concentración de 18,1 UIT/mg de inhibidores de tripsina para formar complejos (Sánchez-Quezada, 2018). Tomando esta concentración, se puede observar que las harinas procesadas por CO tienen una concentración menor.

CONCLUSIONES

Las harinas procesadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por CO mostraron los valores más altos para CEm, CE y EE, con respecto al método convencional y no se presentaron diferencias estadísticas para el resto de las propiedades tecno-funcionales. Por otro lado, para los compuestos antinutricios, no se detectaron lectinas en ninguno de los tratamientos, hubo una reducción en los inhibidores de tripsina y no hubo cambios en el perfil de solubilidad de las proteínas.

Estos resultados sugieren que el procesamiento de frijoles por CO puede ser una alternativa innovadora a la CT para la obtención de harinas de frijol, con la ventajas de tener una mayor eficiencia energética (90%), reducción del tiempo de procesamiento (10 min vs 2 h), lo que a la larga, representaría igualmente un ahorro económico importante. Además, no presenta lixiviación de los compuestos nutritivos del frijol, ya que no se pierde en el caldo de cocción, con el plus de tener características tecno-funcionales similares a las obtenidas por el tratamiento

convencional, pudiendo ser un potencial ingrediente en la formulación de nuevos productos funcionales, lo que podría traducirse en un aumento del consumo y producción de esta leguminosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro-Diaz, A., Urías-Silvas, J. E., Loarca-Piña, G., Gaytan-Martínez, M., Prado-Ramirez, R., & Mojica, L. Techno-functional properties of thermally treated black bean protein concentrate generated through ultrafiltration process. LWT, 136, 110296.
2. Alves, J. S., Rodrigues, A. S., Moro, K. I. B., Boeira, C. P., Londero, P. M. G., & Rosa, C. S. (2019). Chemical characterization, bioactive compounds, and functional technological properties of flour from two cultivars of landrace common beans (Phaseolus vulgaris L.). International Food Research Journal, 26(2).
3. An, H. J., & King, J. M. (2007). Thermal characteristics of ohmically heated rice starch and rice flours. Journal of food Science, 72(1), C084-C088.
4. Barrón-García, O. Y., Morales-Sánchez, E., & Gaytán-Martínez, M. (2019). Inactivation kinetics of Agaricus bisporus tyrosinase treated by ohmic heating: Influence of moderate electric field. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 56, 102179.
5. Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. Journal of food science and technology, 52(6), 3681-3688.
6. Escobedo, A., Loarca-Piña, G., Gaytan-Martínez, M., Orozco-Avila, I., & Mojica, L. (2020). Autoclaving and extrusion improve the functional properties and chemical composition of black bean carbohydrate extracts. Journal of Food Science, 85(9), 2783-2791.
7. FIRA (2016). "Panorama agroalimentario para frijol 2016", Boletín Informativo, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, México.
8. Gavahian, M., Chu, Y. H., & Farahnaky, A. (2019). Effects of ohmic and microwave cooking on textural softening and physical properties of rice. Journal of food engineering, 243, 114-124.
9. Gaytán-Martínez, M., Figueroa, J. D. C., Vázquez-Landaverde, P. A., MoralesSánchez, E., Martínez-Flores, H. E., & Reyes-Vega, M. L. (2012). Caracterización fisicoquímica, funcional y química de harinas nixtamalizadas de maíz obtenidas por calentamiento óhmico y proceso tradicional. CyTA - Journal of Food, 10(3), 182–195.
10. Marquezi, M., Gervin, V. M., Watanabe, L. B., Bassinello, P. Z., & Amante, E. R. (2016). Physical and chemical properties of starch and flour from different common bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars. Brazilian Journal of Food Technology, 19.
11. Mojica, L., & de Mejía, E. G. (2015). Characterization and Comparison of Protein and Peptide Profiles and their Biological Activities of Improved Common Bean Cultivars (Phaseolus vulgaris L.) from Mexico and Brazil. Plant Foods for Human Nutrition, 70(2), 105–112.
12. Natabirwa, H., Muyonga, J. H., Nakimbugwe, D., & Lungaho, M. (2018). Physico-chemical properties and extrusion behaviour of selected common bean varieties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(4), 1492-1501.
13. Nkundabombi, M. G., Nakimbugwe, D., & Muyonga, J. H. (2015). Effect of processing methods on nutritional, sensory, and physicochemical characteristics of biofortified bean flour. Food Science & Nutrition, 4(3), 384–397.
14. Pedrosa, M. M., Varela, A., Domínguez-Timón, F., Tovar, C. A., Moreno, H. M., Borderías, A. J., & Díaz, M. T. (2020). Comparison of Bioactive Compounds Content and Techno-Functional Properties of Pea and Bean Flours and their Protein Isolates. Plant Foods for Human Nutrition, 1-9.
15. Ramírez-Jiménez, A. K., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Loarca-Piña, G. (2018). Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. LWT, 89, 674-680.
16. Ramírez-Jiménez, A. K., Reynoso-Camacho, R., Mendoza-Díaz, S., & Loarca-Piña, G. (2014). Functional and technological potential of dehydrated Phaseolus vulgaris L. flours. Food Chemistry, 161, 254–260.
17. Sánchez-Quezada, V. (2018). Enriquecimiento con aislado proteico y hierro biodisponible de una bebida a base de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) extruido variedad Bayo Madero. Tesis de maestría en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. México
18. Sparvoli, F., Laureati, M., Pilu, R., Pagliarini, E., Toschi, I., Giuberti, G., ... & Bollini, R. (2016). Exploitation of common bean flours with low antinutrient content for making nutritionally enhanced biscuits. Frontiers in Plant Science, 7, 928.
19. Wang, H., Guo, W., Zheng, C., Wang, D., & Zhan, H. (2017). Effect of temperature on foaming ability and foam stability of typical surfactants used for foaming agent. Journal of surfactants and detergents, 20(3), 615-622.
20. Wong, C., McGowan, T., Bajwa, S. G., & Bajwa, D. S. (2016). Impact of fiber treatment on the oil absorption characteristics of plant fibers. BioResources, 11(3), 6452-6463.

EFECTOS ANTIOBESOGÉNICOS DE ORUJO DE UVA TRATADO CON DIC

Martínez-Meza Y[1], Pérez-Jiménez J[2], Alonzo-Macías M[3], Rocha-Guzmán NE[4] , Rodríguez-García ME[5], Reynoso-Camacho R[1],

[1] Universidad Autónoma de Querétaro / Posgrado en Ciencias de Alimentos, [2] Departamento de Metabolismo y Nutrición / Instituto de Ciencia, Tecnología y Nutrición (ICTAN-CSIC) [3] Tecnológico de Monterrey, Querétaro/ Departamento de Bioingeniería, [4] Instituto Tecnológico de Durango / Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica.[5] Departamento de Nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM. *yurimtz@live.com.mx

Abstract

Grape pomace has been studied for its bioactive compounds such as extractable polyphenols (EPP), non-extractable polyphenols (NEPP), and dietary fiber (DF), these are related to the control of obesity and its complications. However, these compounds have low bioavailability due to their diversity of structures and interaction with the food matrix. Therefore, the objective of this work was to increase the bioaccessibility of extractable and non-extractable phenolic compounds from grape pomace subjected to instant controlled pressure drop (DIC) to improve its beneficial effect on health. DIC application increased EPP, which can be attributed to the release of these from the matrix or degradation products of anthocyanins such as syringic, vanillic, and protocatechuic acid. On the other hand, the increase in extractable proanthocyanidins (27%) is attributed to the release of their non-extractable fraction and its hydrolysis due to a decrease in the average degree of polymerization. Furthermore, carbohydrates hydrolysis was also observed, which generated a decrease in DF and insoluble fiber, as well as an increase in the soluble fraction. The evaluation of the grape pomace without DIC in rats fed a diet high in fat and fructose (HFF) showed an important effect on weight gain control, glucose tolerance and HOMA index. Grape pomace treated with DIC had similar effects to untreated samples, despite the increase of total phenolic compounds and hydrolysis of complex structures such as NEPP. Therefore, grape pomace is an alternative for obesity control and insulin resistance. However, the application of DIC is not a strategy to improve the benefits of this by-product.

Keywords: grape pomace, phenolic compounds, dietary fiber, instant controlled pressure drop (DIC)

Resumen

El orujo de uva ha sido estudiado por sus compuestos bioactivos como polifenoles extraíbles (EPP), polifenoles no extraíbles (NEPP) y fibra dietaria (FD), estos están relacionados con el control de la obesidad y sus complicaciones; sin embargo, estos compuestos tienen baja biodisponibilidad debido a su diversidad de estructuras e interacción con la matriz alimentaria. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es incrementar la bioaccesibilidad de compuestos fenólico extraíbles y no extraíbles de orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada (DIC) para mejorar su efecto benéfico a la salud. La aplicación de DIC incrementó EPP, lo que puede atribuirse a la liberación de estos de la matriz o productos de degradación de antocianinas como el ácido siríngico, vanílico y protocatecuico. Por otro lado, el aumento de proantocianidinas extraíbles (27%) se atribuye a la liberación de su fracción no extraíble y su hidrólisis por disminución del grado medio de polimerización. Además, se observó hidrólisis de carbohidratos, lo que generó una disminución de FD y fibra insoluble, así como un incremento de la fracción soluble. La evaluación de las muestras de orujo de uva sin tratar en ratas alimentadas con una dieta alta en grasa y fructosa (DAGF) mostró un efecto importante en el control de ganancia de peso, tolerancia a la glucosa e índice HOMA. El orujo de uva tratados con DIC presentó efectos similares a las muestras sin tratar, a pesar del aumento de compuestos fenólicos totales e hidrólisis de estructuras complejas como los NEPP. Por lo tanto, el orujo de uva es una alternativa para el control de obesidad y la resistencia a insulina. Sin embargo, la aplicación de DIC no es una estrategia para mejorar los beneficios de este subproducto.

Palabras clave: Orujo de uva, compuestos fenólicos, fibra dietaria, descompresión instantánea controlada.

Introducción

Los subproductos agroindustriales contienen fibra dietaria, compuestos fenólicos extraíbles (EPP) presentes en las extracciones acuosas; y polifenoles no extraíbles (NEPP) que son aquellos que permanecen en los residuos de extracción (Ding et al., 2020). Se ha reportado que los polifenoles extraíbles del orujo de uva previenen diabetes y esteatosis hepática (Van Hul et al., 2018). Sin embargo, los polifenoles no extraíbles no han sido evaluados, pero la matriz completa de orujo de uva incluida la fracción de NEPP, mejora el peso corporal, esteatosis hepática y resistencia a insulina. Se ha sugerido que los efectos benéficos de los polifenoles pueden atribuirse principalmente a sus productos microbianos de NEPP, por lo que, el consumo de orujo de uva podría presentar más ventajas comparado con la administración de sus extractos ricos en EPP (Muñoz-González et al., 2019).

Estudios demuestran que la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos es baja, por lo tanto, se ha propuesto la búsqueda de alternativas que mejoren estas actividades . La descompresión instantánea controlada (DIC) es una tecnología capaz de modificar la estructura de matrices alimentarias, lo que permite a su vez la liberación de los compuestos bioactivos. El incremento en la porosidad de la matriz alimentaria podría mejorar la liberación y, por ende, la bioaccesibilidad de compuestos fenólicos no extraíbles, y su posible fermentación en el colon (Alexandre et al., 2017) y, por lo tanto, sus beneficios a la salud. Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo incrementar la bioaccesibilidad de compuestos fenólicos extraíbles y no extraíbles de orujo de uva utilizando la tecnología de DIC para mejorar su efecto benéfico a la salud.

Metodología

Material vegetal

Se recolectó el orujo de uva Malbec de viñedos la Redonda, ubicado en Querétaro, México. El subproducto se congeló (-20 °C) en recipientes herméticos y protegidos de la luz hasta su análisis.

Aplicación de DIC en orujo de uva

Para la aplicación de DIC en orujo de uva se utilizó un diseño factorial 2^3, dos factores (presión y tiempo) con 3 niveles cada uno (0.2, 0.3 y 0.4 MPa; 60, 90 y 120 s) de acuerdo con el Cuadro 1. Posteriormente, las muestras se secaron (45 ºC) y se molieron a un tamaño de partícula <400 µm.

Obtención de los polifenoles extraíbles (EPP)

Para la obtención de EPP se realizaron dos extracciones secuenciales; a 0.5 g de muestra se le adicionaron 20 mL de una solución de metanol/agua (50:50) a pH 2, se agitó y se centrifugó, al residuo se le adicionó 20 mL de una solución de acetona/agua (70:30) y se recuperó el sobrenadante. Se mezclaron ambos sobrenadantes y se determinaron fenoles totales y antocianinas. El residuo se empleó para la cuantificación de NEPP.

Determinación de polifenoles totales

Para la determinación de polifenoles totales se utilizó el método de Folin y Ciocalteu. Los resultados se expresaron como mg EAG/g (mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra) (Singlenton et al., 1998).

Antocianinas monoméricas

Las antocianinas totales se cuantificaron con el método de diferencial de pH. Los resultados se expresaron como mg EM3G/g (mg equivalentes de malvidina-3-glucósido por gramo de muestra) (Giusti y Wrolstad, 2001).

Proantocianidinas extraíbles (EPA)

Para la determinación de las proantocianidinas extraíbles se realizaron dos extracciones secuenciales como se describió para los polifenoles extraíbles, conservando únicamente el extracto de acetona. Los EPA se cuantificarán según lo reportado por Zurita, Díaz-Rubio y Saura-Calixto , (2012). Los resultados se expresaron como mg PA/g de muestra.

Antioxidantes macromoleculares o polifenoles no extraíbles (NEPP)

Cuantificación de proantocianidinas no extraíbles (NEPA)

Se cuantificaron según el método descrito por Zurita, Díaz-Rubio y Saura-Calixto , (2012). Los resultados se expresaron como mg PA/g de muestra.

Cuantificación de polifenoles hidrolizables

Para el análisis de polifenoles hidrolizables, se realizó el método descrito por Amaya-Cruz et al., (2015). Los resultados se expresaron como mg EAG/g.

Análisis de las muestras seleccionadas

Con los resultados obtenidos en las cuantificaciones totales de compuestos (EPP y NEPP), se

seleccionaron tres tratamientos (muestra control, DIC-1 y DIC-9) para poder realizar el análisis de fibra dietaria, microscopia electrónica de barrido y perfil de compuestos bioactivos por medio de cromatografía líquida de alto rendimiento.

Identificación de antocianinas monoméricas por UHPLC-QqQ-ESI-MS

Para el análisis de antocianinas, se realizó una extracción con 25 mg de muestra y 500 µL de acetona/agua (70:30, v/v), se mezcló y sonicó durante 1 minuto, se centrifugó y recolectó el sobrenadante. Se concentró el sobrenadante al vacío y se resuspendió en 100 µL de la fase móvil, la cual consistió en 0,5% (v/v) de ácido fórmico/agua (A) y 0,5% (v/v) de ácido fórmico/metanol (B). Los resultados se expresaron en áreas de cada pico identificado.

Perfil de compuestos fenólicos de las muestras tratadas con DIC por UHPLC-QqQ-ESI-MS

Para el análisis del perfil de compuestos fenólicos , se utilizó el extracto obtenido para la fracción EPP. Los compuestos fueron identificados y cuantificados usando un sistema de cromatografía líquida de alto rendimiento (UHPLC-QqQ-ESI-MS).

La cuantificación se llevó a cabo utilizando estándares de ácidos fenólicos y flavonoides. Los resultados se expresaron como µg/g.

Determinación del grado medio de polimerización de las proantocianidinas

El grado medio de polimerización de las proantocianidinas se evaluó de acuerdo con el método descrito por Kennedy y Jones (2001).

Determinación de fibra dietaria

El contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble, se determinó por el método enzimático-gravimétrico (AOAC 985.29, 2002) con el kit comercial Total Dietary Fiber Assay Kit, Sigma-aldrich, Saint Louis, USA. Los resultados se expresaron en porcentaje.

Microscopia electrónica de barrido (SEM)

Los análisis morfológicos de las muestras de orujo de uva control y sometido a DIC se realizaron utilizando un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6060 LV (SEM).

Efecto del orujo de uva tratado con DIC en ratas alimentadas con una dieta alta en grasas y fructosa

Se utilizaron 40 ratas Wistar macho (180 ± 20 g) adquiridas en el Instituto de Neurobiología de la UNAM (Querétaro, México), los animales se mantuvieron en un ciclo de 12 h oscuridad/luz a 25 °C. Después de una semana de aclimatación, los animales se distribuyeron al azar en cinco grupos de ocho ratas cada uno. El grupo control sano fue alimentado con una dieta estándar en polvo (Rodent Lab chow 5001); mientras que el grupo control obeso fue alimentado con una dieta alta en grasas y fructosa (DAGF) (con 20% de grasa y 20% de fructosa). Los grupos de tratamiento se alimentaron con DAGF adicionada con orujo de uva control o tratado con DIC (1 g/kg de peso de rata). Los animales se pesaron semanalmente. Después de 16 semanas de tratamiento, se realizó una prueba de tolerancia a la glucosa y se sacrificaron después de un período de ayuno de 12 h. Se recolectaron muestras de sangre. La glucosa sérica se determinó con un kit enzimático comercial (Spinreact, S.A./S.A.U. Santa Coloma, SP) e insulina se midió con un kit de ELISA (Millipore, MA, USA). Se calculó la resistencia a insulina utilizando el índice HOMA.

Resultados

Compuestos fenólicos extraíbles

En el Cuadro 1 se muestra el efecto de la aplicación de DIC sobre los compuestos extraíbles, fenoles totales y antocianinas monoméricas de orujo de uva. Se observó un incremento en el contenido de fenoles totales hasta un 21% (0.4 MPa-120 s, 75.69 mg EAG/g) comparadas con la muestra control (62.59 mg EAG/g) conforme se incrementó el tiempo y la presión de procesamiento.

En cuanto a las antocianinas monoméricas se observó que en los primeros tratamientos (DIC-1 y DIC-2), donde la presión fue de 0.2 MPa y tiempo de 60 y 90 segundos respectivamente, se incrementó la concentración de antocianinas monoméricas hasta un 25% comparando con la muestra control. Sin embargo, conforme se incrementó el tiempo a 120 segundos y la presión a 0.3 y 0.4 MPa, las antocianinas disminuyeron hasta un 30%, comparado con la muestra control.

Cuadro 1. Polifenoles extraíbles en orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada.

Código	Presión (MPa)	Tiempo (s)	Compuestos Fenólicos Totales[1]	Antocianinas monoméricas[2]
Control	0	0	62.59±1.2^{f}	5.15±0.02^{bc}
DIC-1	0.2	60	63.31±2.0^{f}	6.45±0.07^{a}
DIC-2	0.2	90	65.71±1.2^{ef}	6.48±0.09^{a}
DIC-3	0.2	120	67.51±1.1^{de}	5.39±0.07^{bc}
DIC-4	0.3	60	70.88±1.9^{bcd}	5.77±0.10^{ab}
DIC-5	0.3	90	71.29±1.4^{bc}	4.79±0.07^{c}
DIC-6	0.3	120	69.18±1.4^{cde}	4.63±0.19^{c}
DIC-7	0.4	60	75.69±1.8^{a}	4.80±0.20^{c}
DIC-8	0.4	90	73.93±1.4^{ab}	4.94±0.18^{bc}
DIC-9	0.4	120	72.64±2.4^{abc}	3.60±0.04^{fd}

Datos expresados como media ± DE. Experimentos con tres réplicas cada uno. Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$) (Prueba de Tukey-Kramer). [1]mg EAG/g (EAG, equivalentes de ácido gálico). [2]mg EM3G/g (EM3G, equivalentes de malvidina-3-glucósido).

Proantocianidinas extraíbles y no extraíbles

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de los polifenoles no extraíbles; proantocianidinas no extraíbles (NEPA) y polifenoles hidrolizables,

Cuadro 2. Proantocianidinas extraíbles y polifenoles no extraíbles en orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada

Código	P (MPa)	T (s)	EPA[1]	NEPA[1]	HPP[2]
Control	0	0	454±13^{c}	7805 ±163^{a}	21±1.5^{ab}
DIC-1	0.2	60	517±1^{b}	7405 ±173^{a}	25±1.1^{a}
DIC-2	0.2	90	516±4^{bc}	7432 ±83^{a}	23±1.0^{ab}
DIC-3	0.2	120	503±2^{bc}	7098 ±128.4^{ab}	24±2.1^{ab}
DIC-4	0.3	60	528±12^{ab}	6377 ±167^{ab}	22±1.0^{ab}
DIC-5	0.3	90	523±12^{b}	6329 ±98^{ab}	21±1.3^{ab}
DIC-6	0.3	120	513±11^{bc}	6747 ±127^{ab}	21±1.4^{ab}
DIC-7	0.4	60	504±12^{bc}	6348 ±179^{ab}	20±1.0^{b}
DIC-8	0.4	90	537±12^{ab}	5908 ±94^{ab}	20±1.9^{ab}
DIC-9	0.4	120	578±18^{a}	5470 ±170^{b}	22±0.4^{ab}

Datos expresados como media ± DE. Experimentos con tres réplicas cada uno. Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$) (Prueba de Tukey-Kramer). P, presión; T, tiempo. EPA, proantocianidinas extraíbles; [1]mg PA/g (PA, proantocianidinas). NEPA, proantocianidinas no extraíbles. HPP, polifenoles hidrolizables; [2]mg EAG/g (EAG, equivalentes de ácido gálico).

aunado a ello se determinó las EPA, ya que la disminución observada en las NEPA pudiera deberse a su hidrólisis, generando un incremento en las EPA. En el tratamiento de mayor presión y mayor tiempo (DIC-9), se observó una disminución de NEPA (30%) y un incremento de EPA (27%).

Integrando los resultados anteriores, los principales cambios por aplicación de DIC fueron los obtenidos con las siguientes condiciones; 0.4 MPa-120 s (DIC-9), con este tratamiento se disminuyó la concentración de NEPP. Sin embargo, esta condición también disminuye de manera importante el contenido de antocianinas. El tratamiento de 0.2 MPa-60 s (DIC-1), mantiene la concentración de compuestos fenólicos, pero se incrementa las antocianinas. Por lo cual, esto tratamientos fueron seleccionados y se presenta a continuación el perfil de antocianinas, compuestos fenólicos, la determinación del grado medio de polimerización de las proantocianidinas, análisis de fibra y morfología de l matriz.

Identificación de antocianinas monoméricas

Se realizó la identificación tentativa de las antocianinas presentes de acuerdo con su abundancia relativa. Se observó que en DIC-9 se degradaron las siguientes antocianinas: malvidina con sus diferentes conjugaciones, peonidina-3-cumaroil-hexósido y petunidina-3-cumaroil-hexósido (Cuadro 3).

Perfil de compuestos bioactivos; ácidos fenólicos y flavonoides

En el Cuadro 4 se muestran los cambios en el perfil de ácidos fenólicos y flavonoides de orujo de uva tratado con DIC. Como se puede observar, conforme se incrementa la presión y el tiempo, se ve afectado el perfil de compuestos fenólicos extraíbles, posiblemente por la liberación de dichos compuestos atrapados en la matriz alimentaria o por la hidrólisis de polifenoles de alto peso molecular.

En cuanto a ácidos fenólicos, se observó un aumento en los ácidos caftárico, elágico, gálico vanílico y shikímico que aumentaron más del 50% en comparación con la muestra control, desde 1212.66 µg/g (muestra control) hasta 2874.54 µg/g para el ácido caftárico (DIC9) y de 55.44 µg/g hasta 150.11 µg/g para el ácido gálico (DIC9).

Cuadro 3. Identificación tentativa de antocianinas extraíbles determinado por UPLC-MS en orujo de uva sometida a la descompresión instantánea controlada

Compuesto	Control	DIC-1	DIC-9
Pelargonidina glucósido	0.19±0.01^{a}	0.16±0.01^{ab}	0.12±0.01^{b}
Cianidina 3-*O*-hexósido	0.31±0.02^{ab}	13.42±0.98^{a}	10.70±0.00^{b}
Cianidina 3,5-di hexósido	0.89±0.05^{a}	0.75±0.04^{a}	0.77±0.05^{a}
Cianidina 3-*O*-acetil hexósido	11.44±0.54^{b}	0.40±0.03^{a}	0.30±0.02^{b}
Cianidina 3-*O*-rutinósido	8.31±0.13^{ab}	1.99±0.10^{a}	1.62±0.02^{b}
Cianidina 3-*O*-coumaroil hexósido	0.80±0.05^{a}	1.71±0.14^{ab}	1.40±0.05^{b}
Delfinidina 3-*O*-hexósido	1.94±0.09^{a}	21.36±1.60^{b}	21.20±0.77^{b}
Delfinidina 3-*O*-acetil hexósido	1.88±0.14^{a}	1.29±0.06^{ab}	1.02±0.08^{b}
Delfinidina 3-*O*-coumaroil hexósido	4.80 ±0.17^{a}	4.35±0.39^{a}	4.95±0.14^{a}
Malvidina 3-*O*-hexósido	1.37 ±0.10^{a}	7.11±0.28^{b}	2.92±0.10^{c}
Malvidina 3,5-di hexósido	26.80±0.44^{a}	2.34±0.05^{b}	1.46±0.13^{b}
Malvidina 3-*O*-acetil hexósido	41.57±2.50^{a}	6.33±0.60^{b}	4.42±0.03^{b}
Malvidina 3-*O*-coumaroil hexósido	84.01±7.09^{a}	40.12±2.17^{b}	25.41±0.92^{b}
Pirano-malvidina 3-*O*-hexósido	11.85±0.71^{a}	24.79±0.08^{b}	7.24±0.21^{c}
Petunidina 3-*O*-hexósido	5.22±0.41^{ab}	9.96±0.82^{a}	7.74±0.16^{b}
Petunidina 3-*O*-coumaroyl hexósido	7.84±0.75^{a}	2.08±0.12^{b}	1.59±0.05^{b}
Peonidina 3-*O*-hexósido	6.78±0.80^{a}	1.12±0.09^{a}	0.99±0.04^{a}
Peonidina 3-*O*-acetil hexósido	22.74±1.20^{a}	0.41±0.03^{b}	0.24±0.02^{b}
Peonidina 3-*O*-rutinósido	9.28±0.61^{a}	3.35±0.32^{b}	1.65±0.08^{c}
Peonidina 3-*O*-coumaroil hexósido	6.78±0.80^{a}	2.66±0.17^{b}	1.17±0.06^{b}

Los resultados se expresan como media ± desviación estándar (n = 3). Los resultados se expresan en área del pico dividida entre 1000. Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia significativa por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Cuadro 4. Perfil de ácidos fenólicos y flavonoides de orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada

Compuesto	Control (µg/g)	DIC-1 (µg/g)	DIC-9 (µg/g)
Ácidos hidroxibenzoicos			
Ácido benzoico	1.2±0.1^{b}	2.2±0.2^{a}	1.0±0.1^{b}
4-hidroxibenzoico	2.2±0.4^{b}	4.4±0.1^{a}	3.6±0.4^{ab}
Trans-cinámico	0.5±0.3^{a}	0.9±0.1^{a}	1.2±0.2^{a}
2,4-dihidroxibenzoico	7.0±1.3^{b}	10.8±0.0^{b}	20.8±1.5^{a}
2,4,6-trihidroxibenzal-dehido	2.0±0.1^{b}	4.3±0.0^{a}	4.8±0.6^{a}
Protocatecuico	6.7±0.9^{b}	11.0±0.3^{b}	19.7±2.7^{a}
Vanílico	12.4±2.9^{b}	29.8±0.6^{a}	27.2±5.6^{ab}
Gálico	55.4±10.2^{b}	136.5±2.5^{a}	150.1±15.4^{a}
Siríngico	24.7±1.8^{b}	55.0±0.7^{a}	58.4±8.4^{a}
Ácidos hidroxicinámicos			
Cafeíco	4.1±0.4^{b}	7.6±0.0^{ab}	8.4±1.5^{a}
Caftárico	1212.6±92.0^{b}	2771.6±151.4^{a}	2874.5±382.5^{a}
Cumárico	5.1±0.3^{c}	11.9±0.4^{a}	8.6 ± 0.7^{b}
Elágico	89.9±6.8^{b}	167.6±21.0^{a}	116.1±4.4^{ab}
Ferúlico	1.1±0.21^{b}	2.42±0.10^{a}	1.8±0.1^{a}
Quínico	7.8±0.3^{a}	6.1±0.7^{a}	6.8±0.0^{a}
Shikímico	55.7±7.9^{b}	95.5±12.1^{a}	103.0±1.5^{a}
Sinapico	3.8±0.6^{a}	4.0±0.6^{a}	4.4±0.7^{a}
Flavonoides			
Catequina	78.9±4.7^{b}	197.4±6.4^{a}	182.9±7.1^{a}
Epicatequina	87.7±3.7^{c}	201.4±6.2^{a}	170.8±1.9^{b}
Galato de epicatequina	11.2±0.4^{c}	28.1±7.3^{b}	81.8±9.3^{a}
Kaempferol	24.4±2.2^{a}	16.4±1.0^{b}	17.8±0.6^{b}
Kaempferol 3-*O*-glucósido	24.5±2.1^{a}	12.3±0.7^{b}	12.2±0.7^{b}
Luteolina	9.0±1.2^{a}	8.2±0.7^{a}	8.6±0.0^{a}
Miricetina	2.4±0.0^{b}	3.5±0.5^{b}	4.6±0.5^{a}
Procianidina B2	64.2±5.6^{c}	172.2±3.9^{a}	119.6±3.0^{b}
Quercetina	33.1±3.6^{b}	49.8±6.5^{ab}	67.3±2.3^{a}
Quercetina 3-*O*-glucósido	15.1±0.0^{b}	38.5±3.4^{a}	30.3±1.2^{a}
Rutina	14.3±0.31^{a}	13.5±0.55^{a}	13.6±0.85^{a}

Los resultados se expresan como media ± desviación estándar (n = 3). Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia estadística significativa por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Con respecto a flavonoides, se observó un aumento de catequina (hasta 33 veces), epicatequina (hasta 27 veces) y galato de epicatequina (hasta 10 veces) en los tratamientos con DIC.

Grado medio de polimerización de las proantocianidinas de orujo de uva sometido a DIC

El análisis del grado de polimerización de las proantocianidinas mostró una disminución de 2.43 (muestra de control) a 2.3 y 1.89 con DIC-1 y DIC-9, respectivamente. Esto sugiere que DIC produjo una hidrólisis parcial de las proantocianidinas.

Contenido de fibra dietaria

Además de la modificación de compuestos bioactivos por DIC, también se observaron cambios en el contenido de FD. Los resultados del efecto de DIC en FD se muestran en el Cuadro 5. Ambos tratamientos con DIC mostraron una ligera disminución, aunque significativa ($p < 0.05$) en el contenido de fibra dietaria total, de 68.3% en la muestra de control a 64.9% en DIC-1 y 63.4 % en DIC-9.

Cuadro 5. Porcentaje del contenido de fibra dietaria en orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada

Contenido	Control	DIC-1	DIC-9
Fibra dietaria total	68.3 ± 1.47^{a}	64.9 ± 0.89^{b}	63.4 ± 0.32^{b}
Fibra dietaria insoluble	58.3 ± 1.75^{a}	53.4 ± 0.65^{b}	51.1 ± 0.15^{c}
Fibra dietaria soluble	10.0 ± 0.54^{c}	11.5 ± 0.24^{b}	12.3 ± 0.27^{a}

Los resultados se expresan como media ± desviación estándar (n = 3). Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia significativa por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Microscopia electrónica de barrido (SEM) de orujo de uva

En la Figura 1 se muestran las micrografías de las muestras seleccionadas; la muestra control presenta una estructura bien definida (Fig 1A). Mientras que en la muestra sometida a DIC-1 (0.2 MPa-60 s), se observa la formación de poros de hasta 10 µm de tamaño (Fig 1B), y en la muestra sometida a DIC-9 (0.4 MPa-120 s), se presenta un incremento en número y tamaño de poro de hasta 20 µm de tamaño (Fig 1C). Por lo tanto, conforme se incrementa el tiempo y la presión, la formación de poros es mayor en orujo de uva.

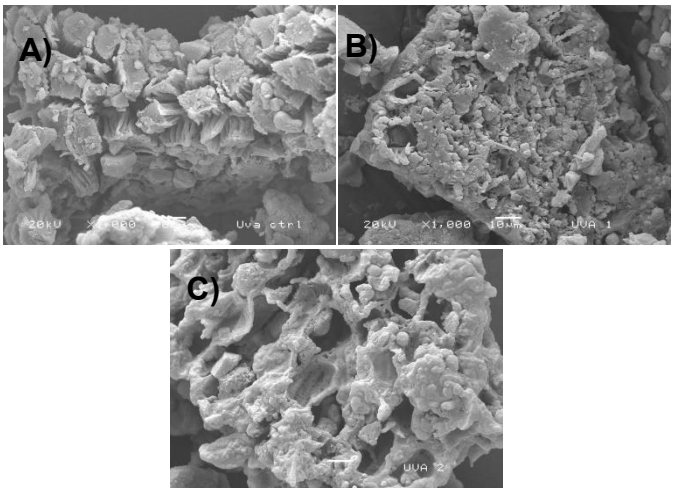


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido de orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada. A) Muestra control, B) Muestra sometida a DIC-1; C) Muestra sometida a DIC-9.

Efecto del orujo de uva tratado con DIC en ratas alimentadas con una dieta alta en grasas y fructosa

La ganancia de peso de los animales alimentados con DAGF y suplementada con el orujo de uva sometido a DIC se muestra en la Figura 2. El grupo alimentado con DAGF incrementó un 49% el peso corporal comparado con la dieta estándar. Los grupos cuya dieta se suplementó con orujo de uva sometida a DIC presentaron una menor ganancia de peso en un 15%, sin mostrar diferencias estadísticas con el grupo del orujo control.

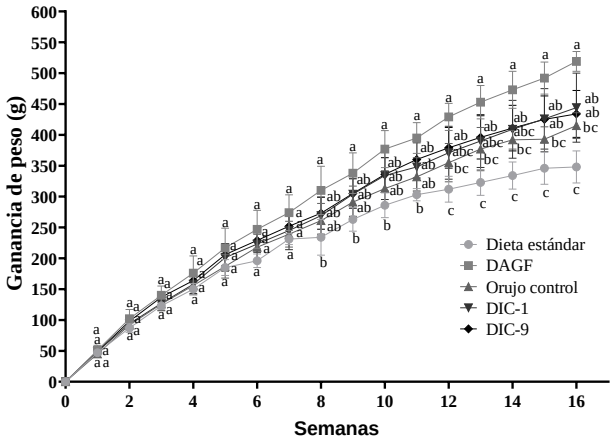


Figura 2. Ganancia de peso de los animales alimentados con DAGF y suplementados con orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada. Datos expresados como media ± DE. Experimentos con cuatro réplicas cada uno. Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$) (Prueba de Tukey-Kramer).

En la Figura 3 se muestra el resultado obtenido de la prueba de tolerancia a la glucosa, donde los tres grupos de ratas alimentadas con una DAGF y suplementadas con orujo de uva (orujo control, DIC-1 y DIC-9) disminuyó la intolerancia observada en los animales alimentados con DAGF, mostrando un comportamiento similar a los animales alimentados con una dieta estándar.

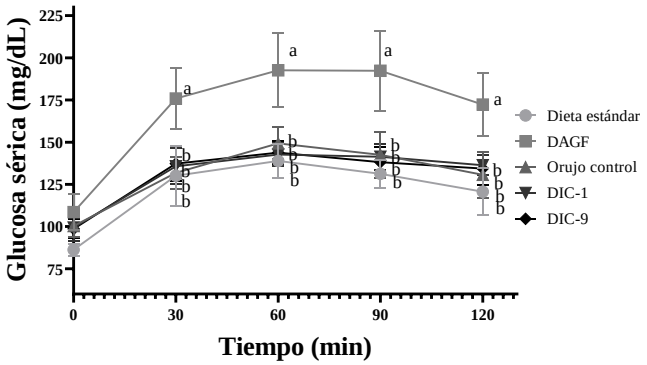


Figura 3. Curva de tolerancia a la glucosa en animales alimentados con DAGF y suplementados con orujo de uva tratado con DIC. Datos expresados como media ± DE. Experimentos con cuatro réplicas cada uno. Valores con diferente letra en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$) (Prueba de Tukey-Kramer).

El índice HOMA-IR se muestra en la Figura 4. Los tres tratamientos (orujo control, DIC-1 y DIC-9) mostraron una disminución significativa comparada con las ratas alimentadas con DAGF hasta de un 65%. Por lo tanto, las muestras tratadas con DIC no mejoraron este beneficio.

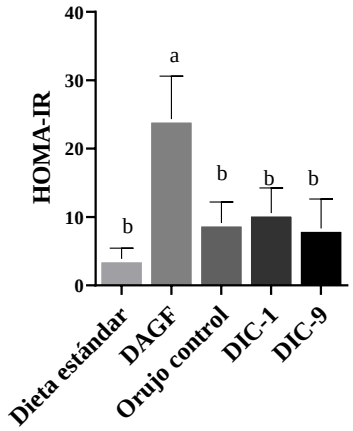


Figura 4. Índice HOMA-IR de los animales alimentados con DAGF y suplementados con orujo de uva sometido a la descompresión instantánea controlada. Datos expresados como media ± DE. Experimentos con cuatro réplicas cada uno. Valores con diferente letra indican diferencia significativa ($p<0.05$) (Prueba de Tukey-Kramer).

Discusión

El incremento en la concentración de compuestos extraíbles por efecto del tratamiento con DIC se ha relacionado con el rompimiento de la estructura celular de la matriz alimentaria, lo que favorece la liberación de compuestos fenólicos que se encuentran dentro de vacuolas o liberación de compuestos atrapados en la misma matriz. Hamoud-Agha y Allaf (2019) indican que el esfuerzo de extensión dentro del producto crea una nueva estructura expandida y porosa, la cual aumenta la superficie específica y la difusividad de la transferencia de masa, así como la accesibilidad del producto, lo que mejora el proceso de extracción con solventes y muchas otras propiedades funcionales de los alimentos. Sin embargo, algunos compuestos como las antocianinas presentaron una disminución cuando se incrementan las condiciones de proceso (presión y tiempo), se ha reportado que tanto la temperatura como la presión mostraron efectos aceleradores sobre la degradación de las antocianinas. A pesar del corto tiempo de aplicación de DIC, la temperatura que puede llegar a alcanzar los tratamientos (100-170 °C) puede ser la responsable de la degradación de las antocianinas.

El análisis del perfil de compuestos permitió detectar un incremento en la concentración de ácidos fenólicos, dicho efecto puede atribuirse también a la formación de productos de degradación de las antocianinas. De acuerdo con Zhao et al., (2013), la degradación de las antocianinas puede dar lugar a ciertos ácidos fenólicos, como es el caso del ácido siríngico del malvidina-3-glucósido, el ácido vanílico de la peonidina-3-glucósido, el ácido protocatecuico de la pelargonidina. -3-glucósido y ácido 2,4-dihidroxibenzoico del catión flavilio. Por lo tanto, se sugiere que el aumento de los ácidos fenólicos por la aplicación de DIC se explica parcialmente por la degradación de las antocianinas. En cuanto a flavonoides, la quercetina 3-O-glucósido también se vio incrementada, de acuerdo con Magar y Sohng, (2020) los glucósidos de la quercetina se absorben más eficazmente que la propia quercetina. Por lo que la aplicación de DIC presentaría una oportunidad para incrementar la bioaccesibilidad y por ende la biodisponibilidad de compuestos como la quercetina 3-O-glucósido. Además, los flavanoles como

catequina, epicatequina y galato de epicatequina, también incrementaron de manera importante por efecto de DIC, dichos compuestos son las unidades estructurales más comunes de las proantocianidinas, que forman parte de los principales compuestos del orujo de uva (Rue, Rush y van Breemen, 2018). Por lo tanto, la hidrólisis de sus estructuras podría aumentar tales compuestos, lo cual concuerda con la disminución del grado medio de polimerización de las proantocianidinas.

Esto es fisiológicamente relevante ya que, según Tao et al., (2019) el grado de polimerización es uno de los principales factores que afectan su biodisponibilidad. Fracciones de las proantocianidinas con grado de polimerización<3 se pueden absorber en el intestino delgado, mientras que proantocianidinas con grado de polimerización >3 son fermentadas por la microbiota colónica, generando metabolitos microbianos (3-4 dihidroxifenil acético, 3-4 dihidroxifenilpropiónico, valerolactonas, entre otros) a los que se le han asociado con efectos benéficos a la salud. Por lo tanto, la liberación e hidrólisis de las proantocianidinas en orujo de uva por DIC podría favorecer su absorción o su fermentación por la microbiota colónica.

En cuando a los polifenoles no extraíbles, éstos interactúan con la matriz alimentaria a través de diferentes mecanismos: a) enlaces de hidrogeno, b) interacciones hidrófobas, incluida la posible encapsulación en huecos hidrofóbicos con proantocianidinas no extraíbles, (c) enlaces covalentes (para formar ésteres y enlaces éter), en el caso de ácidos fenólicos, y posiblemente de proantocianidinas no extraíbles y taninos hidrolizables (Pérez-Jiménez, Díaz-Rubio y Saura-Calixto, 2013). Hasta el momento, no hay estudios del efecto de DIC en los polifenoles no extraíbles, pero posiblemente la disminución observada de NEPA en el presente trabajo pudiera deberse al rompimiento de las interacciones débiles como los puentes de hidrógeno e interacciones hidrófobas por efecto de DIC, así como, los enlaces covalente debido a que el sistema aporta la energía necesaria para romper dichos enlaces.

La fibra es el principal componente del orujo de uva (60-70%), por lo que se espera que los procesos que se aplican modifiquen el contenido. La disminución de la fibra dietaria insoluble y el aumento significativo en el contenido de fibra soluble, podría estar relacionado a la hidrólisis parcial de la pared celular generada por DIC (Peng et al., 2019). En particular, si se producen irregularidades en la estructura ordenada en los polisacáridos (cadena principal o ramificación), estos enlaces serán más débiles y la estructura ordenada se disociará más fácilmente. Además, la temperatura aumenta la solubilidad de los polisacáridos al romper los enlaces débiles y, por lo tanto, la estructura ordenada se ve afectada (Lovegrove et al., 2017).

Ambas fracciones de fibra, soluble e insoluble, tienen efectos benéficos asociados a la prevención de enfermedades relacionadas con la obesidad. FDS aumenta la viscosidad y la capacidad de retención de agua de la digesta e induce la formación de geles en el estómago, dichas propiedades pueden retrasar el vaciado gástrico y al mismo tiempo aumentar la distensión estomacal, la cual se considera como un factor causal en la cadena de eventos que conducen a la saciedad (Tan et al., 2017). La FDI como la celulosa y la hemicelulosa benefician la salud metabólica e intestinal al acelerar el tránsito gástrico, lo que a su vez influye en la absorción de macronutrientes presentes en la dieta y aumentan el volumen fecal (Singh y Vijay-Kumar, 2020).

Finalmente, en cuanto a los resultados de los parámetros evaluados en las ratas alimentadas con DAGF se pudo observar que a pesar de la degradación de antocianinas e hidrólisis parcial de las proantocianidinas por DIC el efecto benéfico no se modificó. La disminución del peso corporal que se observó fue del 15% para las muestras tratadas con DIC, lo cual es de relevancia fisiológica, ya que se ha reportado que una reducción del 8-10% del peso corporal puede prevenir alteraciones metabólicas relacionadas con la obesidad (Ryan y Yockey, 2017). En este estudio, se demostró que tanto la muestra orujo control y las tratadas con DIC son capaces de mejorar el perfil metabólico general en un modelo de obesidad inducido por la dieta. Esto se evidencia por una disminución en la ganancia de peso corporal y una clara mejora de la homeostasis de la glucosa (como lo demuestra la curva de tolerancia a la glucosa y un menor índice de resistencia a la insulina). De acuerdo con Rodriguez-Lanzi et al., (2016) el efecto protector del orujo de uva está asociado

principalmente a sus flavonoides mayoritarios; catequina, epicatequina y quercetina. Los cuales mejoran la resistencia a la insulina a través de la modulación de la señalización proinflamatoria y redox, mejorando la cáscada de señalización de la insulina.

Conclusiones

Este estudio exploró el efecto de la aplicación de DIC en las fracciones de NEPP y EPP. A bajas presiones, se observó un aumento en la concentración de antocianinas relacionado con una mayor liberación de la matriz, mientras que a altas presiones su concentración disminuyó debido a una transformación parcial de antocianinas en ácidos fenólicos. En esta condición, también se presentó una despolimerización de NEPA, aumentando la concentración de EPP. Además, se observó una transformación parcial de FD insoluble en FD soluble, posiblemente producido por hidrólisis de fibras, principalmente a alta presión. Las modificaciones en el perfil de compuestos fenólicos y FD, no modificaron el efecto del orujo de uva en la ganancia de peso corporal y resistencia a insulina. Se sugiere que la aplicación DIC se puede utilizar como estrategia, para modificar selectivamente el contenido de EPP y NEPP sin afectar sus propiedades relacionadas con la salud.

Referencias

1. Alexandre, E. M. C., Moreira, S. A., Castro, L. M. G., Pintado, M., & Saraiva, J. A. (2017). Emerging technologies to extract high added value compounds from fruit residues: Sub/supercritical, ultrasound-, and enzyme-assisted extractions. *Food Reviews International*, 9129, 1–32.
2. Amaya-Cruz, D. M., Rodríguez-González, S., Pérez-Ramírez, I. F., Loarca-Piña, G., Amaya-Llano, S., Gallegos-Corona, M. A., & Reynoso-Camacho, R. (2015). Juice by-products as a source of dietary fibre and antioxidants and their effect on hepatic steatosis. *Journal of Functional Foods*, 17, 93-102.
3. Ryan, D. H., & Yockey, S. R. (2017). Weight loss and improvement in comorbidity: differences at 5%, 10%, 15%, and over. *Current obesity reports*, 6(2), 187-194.
4. Chang, Y., Tan, M., Lok,W., Pakianathan,Ding, Y., Morozova, K., Scampicchio, M., & Ferrentino, G. (2020). Non-Extractable Polyphenols from Food By-Products: Current Knowledge on Recovery, Characterisation, and Potential Applications. *Processes*, 8(8), 925.
5. Hamoud-Agha, M. M., & Allaf, K. (2019). Instant Controlled Pressure Drop (DIC) Technology in Food Preservation: Fundamental and Industrial Applications. *In* Food Preservation-From Basics to Advanced Technologies. *IntechOpen*.
6. Kennedy, J. A., & Jones, G. P. (2001). Analysis of proanthocyanidin cleavage products following acid-catalysis in the presence of excess phloroglucinol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(4), 1740-1746.
7. Lovegrove, A., Edwards, C. H., De Noni, I., Patel, H., El, S. N., Grassby, T., Zielke, C., Ulmius, M., Nilsson, L., Butterworth, P. J., Ellis, P. R., & Sherwy, P. R. (2017). Role of polysaccharides in food, digestion, and health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(2), 237-253.
8. Magar, R. T., & Sohng, J. K. (2020). A review on structure, modifications and structure-activity relation of quercetin and its derivatives. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(1), 11-20.
9. Muñoz-González, I., Chamorro, S., Pérez-Jiménez, J., López-Andrés, P., Álvarez-Acero, I., Herrero, A. M., Nardoia, M., Brenes, A., Viveros, A., Arija, I., Rey, A., & Ruiz-Capillas, C. (2019). Phenolic metabolites in plasma and thigh meat of chickens supplemented with grape byproducts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(16), 4463-4471.
10. Peng, J., Bi, J., Yi, J., Wu, X., Zhou, M., & Zhao, Y. (2019). Characteristics of cell wall pectic polysaccharides affect textural properties of instant controlled pressure drop dried carrot chips derived from different tissue zone. *Food chemistry*, 293, 358-367.
11. Pérez-Jiménez, J., Díaz-Rubio, M. E., & Saura-Calixto, F. (2013). Non-extractable polyphenols, a major dietary antioxidant: occurrence, metabolic fate and health effects. *Nutrition Research Reviews*, 26, 118–129.
12. Rodriguez-Lanzi, C., Perdicaro, D. J., Antoniolli, A., Fontana, A. R., Miatello, R. M., Bottini, R., & Prieto, M. A. V. (2016). Grape pomace and grape pomace extract improve insulin signaling in high-fat-fructose fed rat-induced metabolic syndrome. *Food & function*, 7(3), 1544-1553.
13. Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
14. Rue, E. A., Rush, M. D., & van Breemen, R. B. (2018). Procyanidins: a comprehensive review encompassing structure elucidation via mass spectrometry. *Phytochemistry Reviews*, 17(1), 1-16.
15. Singh, V., & Vijay-Kumar, M. (2020). Beneficial and detrimental effects of processed dietary fibers on intestinal and liver health: health benefits of refined dietary fibers need to be redefined!. *Gastroenterology Report*, 8(2), 85-89.

16. Tan, C., Wei, H., Zhao, X., Xu, C., & Peng, J. (2017). Effects of dietary fibers with high water-binding capacity and swelling capacity on gastrointestinal functions, food intake and body weight in male rats. *Food & nutrition research*, 61(1), 1308118.
17. Tao, W., Zhang, Y., Shen, X., Cao, Y., Shi, J., Ye, X., & Chen, S. (2019). Rethinking the mechanism of the health benefits of proanthocyanidins: Absorption, metabolism, and interaction with gut microbiota. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 971-985.
18. Van Hul, M., Geurts, L., Plovier, H., Druart, C., Everard, A., Ståhlman, M., & Maguin, E. (2018). Reduced obesity, diabetes, and steatosis upon cinnamon and grape pomace are associated with changes in gut microbiota and markers of gut barrier. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 314(4), E334-E352.
19. Zhao, M., Luo, Y., Li, Y., Liu, X., Wu, J., Liao, X., & Chen, F. (2013). The identification of degradation products and degradation pathway of malvidin-3-glucoside and malvidin-3, 5-diglucoside under microwave treatment. *Food chemistry*, 141(3), 3260-3267.
20. Zurita, J., Díaz-Rubio, M. E., & Saura-Calixto, F. (2012). Improved procedure to determine non-extractable polymeric proanthocyanidins in plant foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63, 936–939.

Mecanismos de crecimiento en películas delgadas depositadas químicamente

D. Xiadani Méndez Santa María[1*], E. Alexander Ordaz Fernández[1], Verónica L. García Arroyo[1], Mónica B. Ortuño López[1]**, Iker Chávez Urbiola[1], J. Adrián Pérez Orozco[1], J. Martín Yáñez Limón[2]

[1] Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro
[2] Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, unidad Querétaro Querétaro, México
**xiadanimendezsantamaria@hotmail.com*
*** mbortuno@mail.itq.edu.mx*

Resumen

Se estudia el mecanismo de crecimiento predominante en la síntesis por Depósito en Baño Químico (CBD) de películas delgadas de sulfuro de cadmio (CdS), sulfuro de zinc (ZnS) y sulfuro de plomo (PbS), a partir del análisis tanto de los datos de las condiciones experimentales particulares de la síntesis (composición, pH, tiempo de depósito, condiciones de agitación, y temperatura), como de los datos obtenidos en la caracterización óptica, morfológica y estructural. Esta investigación se sustenta en el análisis y comparación de los datos obtenidos por experimentación, con los de las fuentes especializadas obtenidas a partir de una búsqueda sistemática de información en motores y plataformas académicas. Los principales criterios de búsqueda y selección de la información fueron la composición de los baños, el mecanismo predominante y las propiedades de los materiales. Se logran generalizaciones que constituyen el aporte teórico del presente trabajo, así como la determinación de que el mecanismo de crecimiento más probable para las películas de CdS, ZnS y PbS estudiadas, es el mecanismo *ion por ion*.

Palabras clave: ZnS, CdS, PbS, mecanismos de crecimiento, películas delgadas, depósito en baño químico.

Abstract

It is studied the predominant growth mechanism in the synthesis by Chemical Bath Deposit (CBD) of thin films of cadmium sulfide (CdS), zinc sulfide (ZnS) and lead sulfide (PbS), from the analysis of both the data of the particular experimental conditions of the synthesis (composition, pH, deposition time, agitation conditions, and temperature), and the data obtained in the optical, morphological and structural characterization. This research is based on the analysis and comparison of the data obtained by experimentation, with those of the specialized sources obtained from a systematic search of information in engines and academic platforms. The main criteria for the search and selection of information were the composition of the baths, the predominant mechanism and the properties of the materials. There are achieved generalizations that constitute the theoretical contribution of this work, as well as the determination that the most probable growth mechanism for the studied CdS, ZnS and PbS films, is the ion by ion mechanism.

Keywords:

ZnS, CdS, PbS, thin films, growth mechanisms, chemical bath deposition.

Introducción

El origen de este proyecto es la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el mecanismo de crecimiento más probable de películas delgadas de CdS, PbS y ZnS sintetizadas por CBD? La respuesta a esta pregunta se deduce a partir del análisis de la correlación entre la composición química de sus reactores de síntesis y sus propiedades ópticas, morfológicas y estructurales de los materiales.

La técnica utilizada para la síntesis de los materiales de este estudio se llama Depósito en Baño Químico (CBD), técnica reconocida por su sencillez y economía en la fabricación de películas semiconductoras de espesores nanométricos de muy buena calidad (Peña, 2015). El interés de esta tecnología de crecimiento y de los materiales de este estudio, surge de la sencillez de sus procesos y de las razonablemente buenas propiedades morfológicas, ópticas y estructurales que se pueden conseguir. Características como espesores de 50 a 150 nm, morfologías superficiales homogéneas y de bajas rugosidades, transmitancias y absorbancias apropiadas en las regiones visible y ultravioleta, energías gap características y estructuras policristalinas. En este sentido, CdS, PbS y el ZnS destacan entre los materiales más prometedores para la industria de la electrónica (Sandoval, 2009; Hurtado, 2010; Ortuño, 2013; Sánchez, 2016), de ahí la relevancia del tema que aquí discutiremos.

Se han logrado diseñar dispositivos optoelectrónicos de películas delgadas competitivos en el ámbito de la electrónica, tales como capas ventana de CdS y/o ZnS en celdas solares policristalinas, fotodiodos y fotorresistencias de CdS, PbS o CdSe como detectores de radiación ultravioleta, visible o infrarroja. (Cohen, 2018; Peña, 2015; Sánchez, 2016; Gödea, 2015; Gode, 2015; Gashaw, 2018)

Es bien conocido que en el proceso CBD se distinguen cuatro etapas principales de crecimiento de los materiales: 1. Incubación, 2. Nucleación, 3. Crecimiento y 4. Terminación (Rajathia, 2017). En términos generales se puede describir respectivamente cada etapa como sigue: 1. La incubación que consiste en el establecimiento de todos los equilibrios químicos del baño a partir de las primeras interacciones fisicoquímicas de todos sus componentes. 2. La colisión entre iones y moléculas para formar embriones o núcleos precipitados que se implantan por adsorción en la superficie del sustrato. 3. El crecimiento embrionario donde intervienen fuerzas electrostáticas de atracción entre iones de carga opuesta y/o fuerzas intermoleculares entre agregados o *clústers* del material en cuestión. 4. La terminación del crecimiento de la película por agotamiento de los iones necesarios o por acidificación de los baños (Arizmendi, 2015).

La comunidad científica ha estado interesada en los mecanismos de crecimiento de los procesos CBD, porque se relacionan con las propiedades de las películas. (Slonopas, 2016). Derivado de este interés se han propuesto teorías que los describen, distinguiendo dos tipos generales de mecanismos de crecimiento, procesos *ion por ion* y procesos *clúster por clúster*. Sin embargo, aún existe un territorio amplio por explorar en este sentido, debido al extenso espectro de combinaciones entre las variables de síntesis, tales como: composición química, temperatura, tiempo de depósito, pH y agitación, todas estas condiciones que en conjunto definen el mecanismo particular de cada caso.

Gary Hodes en el 2016, subdividió los mecanismos de crecimiento *ion por ion* y *clúster por clúster* en dos subprocesos, intercambio simple y descomposición de complejos. Planteando en este trabajo que la síntesis, además de seguir uno u otro tipo general de crecimiento, puede además, tomar cualquiera de estos dos caminos dependiendo de los factores fisicoquímicos que los favorezcan. Así mismo sostiene que en algunos momentos del crecimiento, más de uno puede suceder simultáneamente, consiguiendo películas de características específicas (Switzer, 2016). Conocer la relación que existe entre los mecanismos de crecimiento, las condiciones de la síntesis y las propiedades de interés, puede permitir el control total del depósito y con ello la sintonización de las propiedades de los materiales semiconductores producidos.

El objetivo general de este estudio fue determinar el mecanismo de crecimiento más probable de películas delgadas de CdS, PbS y ZnS, a partir del análisis de la relación entre la composición química de los reactores de la síntesis y las propiedades obtenidas que se obtuvieron por medio de su caracterización. Para alcanzar este objetivo se establecieron tres objetivos específicos, el primero relacionado con la búsqueda de evidencias de las correlaciones reportadas en la literatura especializada, el segundo

relacionado a la síntesis y caracterización de películas de ZnS, CdS y PbS, variando composición, pH, tiempo de depósito, condiciones de agitación, y temperatura; y el último que trata de proponer generalizaciones sobre los mecanismos de crecimiento por CBD, a partir del análisis de todos los datos.

Metodología

En este trabajo se llevó a cabo una investigación de enfoque cualitativo, centrada en el análisis de datos obtenidos en la literatura especializada, otros derivados de observaciones experimentales de la síntesis y caracterización de las películas delgadas semiconductoras de CdS, ZnS y PbS, en trabajos que hemos publicado previamente (Contreras, 2018; Ordaz, 2018; Ordaz, 2019). Para lo cual se desarrollaron las siguientes actividades:

Búsqueda sistemática de información

Se establecieron fórmulas de búsqueda de artículos de investigación, en los motores google académico, *scoopus, researchgate* y *sciencedirect*. Se refinaron las búsquedas para separar la información más relevante en las que se identificó al menos un criterio de comparación para cada material de estudio. Se organizó y analizó toda la información en una tabla de análisis para identificar los datos y evidencias de las relaciones entre composición de los baños y propiedades, con el mecanismo de crecimiento propuesto por los autores.

Síntesis y caracterización de las películas de CdS, PbS y ZnS

Las síntesis de estos tres calcogenuros se realizaron por CBD, empleando soluciones acuosas de diversos reactivos y un reactor de 100 ml de capacidad. En la tabla 1 se muestran los métodos que funcionaron para la síntesis de películas delgadas de buena calidad de cada material. Estos son métodos derivados de la selección de parámetros de síntesis idóneos para el control de la reacción, nucleación del sustrato y crecimiento gradual de películas de buena calidad, es decir: homogéneas y bien adheridas a su sustrato.

Tabla 1. Reactivos, concentraciones, condiciones de temperatura y tiempo de cada película delgada. Fuente: elaboración propia.

Componentes base		
Buffer pH - 10 $C_6H_5O_7Na_3$ KOH CH_4N_2S		
Concentración de iones		
Reactivo	Concentración (mmoles/L)	
$CdCl_2 \rightarrow Cd$	0.1	
$ZnSO_4 \rightarrow Zn$	0.2	
$Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow Pb$	0.032	
KOH → OH	CdS:0.005, ZnS:0.0784, PbS:0.16	
$CH_4N_2S \rightarrow S$	CdS:0.47, ZnS:0.45, PbS:0.128	
$C_6H_5O_7Na_3$	CdS:0.125, ZnS:1	
Condiciones del baño		
Película delgada	Tiempo (min)	Temperatura
CdS	15,30,60,90 y 120	70°C
ZnS	30, 60, 120 y 180	70-90°C
PbS	104, 134 y 164	25°C

En el proceso de depósito, los substratos de vidrio se sumergieron en la solución química del reactor, que se colocó dentro de un tanque de temperatura controlada en las condiciones que se reportan en la tabla 1. Como puede notarse, los crecimientos se desarrollan a temperaturas menores a 100 °C, lo cual es muy conveniente en términos de las necesidades energéticas de estos procesos.

Los instrumentos empleados para la caracterización óptica, estructural y morfológica fueron los siguientes: Espectrofotómetro UV-Vis Hach DR6000 (EUV), Espectrofotómetro de Reflexión y Transmisión (ERT), Difractómetro de Rayos X Rigaku (DRX), Perfilómetro Bruker Contour GT.

Los datos experimentales de los espectros de absorción, transmisión, reflexión, emisión y difracción de rayos X, fueron procesados con el programa *Origin*. Así mismo, se realizaron cálculos de propiedades ópticas y estructurales a partir de los datos obtenidos por los instrumentos y de modelos teóricos apropiados como el modelo de *Tauc* para el cálculo de las energías gap (Eg), la ley de Bragg y el la ecuación de *Debye Scherrer*, para la determinación de propiedades estructurales (Ordaz

A., 2020; Fuyi Chen, 2008; J González-Jan, 2019; Azmi, 2020)

Luego del análisis de los datos de la caracterización y de su correlación con el mecanismo de crecimiento de cada material se integró la información junto con la de los datos de composición, todo en una matriz de comparación desarrollada para los resultados de la búsqueda sistemática de la información en otras fuentes. Con ello se logró identificar patrones que permitieron formular teorías alrededor de los mecanismos de crecimiento más probables de las películas de CdS, ZnS y PbS.

Discusión de Resultados

Las características macroscópicas de las películas delgadas que se estudiaron son: el color, adhesión y la homogeneidad, las cuales se muestran en la tabla 2. Estas características también se pueden observar en las imágenes de las figuras 1 a 3. La similitud que presentan las muestras obtenidas fue su buena calidad derivada sólo de su homogeneidad y fuerte adhesión al substrato.

Tabla 2. Características macroscópicas de las películas delgadas de CdS, ZnS y PbS. Fuente: elaboración propia.

Características macroscópicas		
CdS	ZnS	PbS
Películas altamente transparentes, reflejantes y de color amarillo.	Películas transparentes, reflejantes y de tonalidad ahumada.	Películas gruesas, de color marrón grisáceo, poco transparentes y de alto grado de reflexión especular.

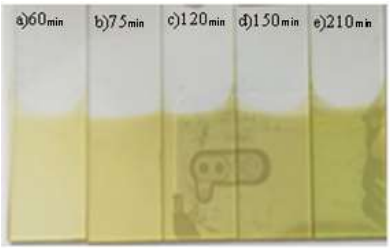


Figura 1. Películas delgadas de CdS depositadas a diferentes tiempos en minutos. Fuente: elaboración propia.

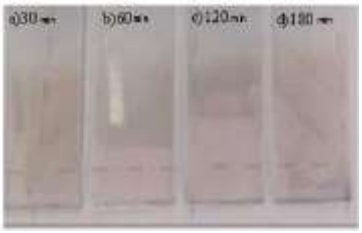


Figura 2. Películas delgadas de ZnS depositadas a diferentes tiempos en minutos. Fuente: elaboración propia.

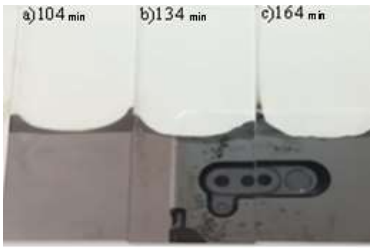


Figura 3. Películas delgadas de PbS depositadas a diferentes tiempos en minutos. Fuente: elaboración propia.

El espesor de las películas delgadas así como el tamaño de partícula dependen de la temperatura, concentraciones iniciales, pH del baño, y tiempo de depósito (Fuyi Chen, 2008; J González-Chan, 2019). En un baño con una temperatura, concentración inicial de reactivos y pH específico, se notará que a medida que aumenta el tiempo de depósito aumenta el espesor de las películas. Un buen control del depósito nos permite obtener películas, con buena adhesión al substrato y sintonización de las propiedades ópticas, estructurales y morfológicas como su homogeneidad y rugosidad (Hodes, 2010); la extensión de la etapa de crecimiento y la rugosidad se relacionan con el control de las reacciones que producen al sulfuro del metal, esto ha sido explicado en términos de la influencia de agentes complejantes y relacionado a los mecanismo de crecimiento *ion por ion* o *clúster por clúster* (J González-Chan, 2019).

Se ha reportado que cuando el baño contiene suficiente cantidad de un agente complejante, todos los iones del metal se unen con los aniones de éste, lo cual da lugar a una precipitación heterogénea por

la mínima disponibilidad de éstos en el seno del reactor. Esto se relaciona con la formación de granos de precipitado más pequeños que conlleva una suave y uniforme superficie de la película; relacionada al mecanismo de crecimiento *ion por ion*. Cuando el baño de reacción contiene exceso de iones metálicos disponibles, se favorece una precipitación más homogénea; con ello, antes de la formación de la película, se incrementa el tamaño de la nucleación de granos en comparativa con soluciones con carentes de iones metálicos, presentándose en la película huecos y superficies rugosas (Agawane, 2012).

El método estudiado para CdS incluyó en su formulación concentraciones apropiadas de citrato de sodio como el acomplejante, la cual es una opción a la utilización de amonio para esta función en CBD (Contreras, 2018; Ortuño, 2004). Las propiedades macroscópicas de las películas de CdS (fig. 1) son una evidencia del control de la síntesis y el depósito gradual de este material sobre el sustrato.

En el caso del PbS, el método de la síntesis se reportó por primera vez por Ordaz (2018), donde se describen condiciones de temperatura ambiente, agitación continua y libre de trietanolamina (TEA). TEA convencionalmente se ha utilizado como agente complejante del ion metálico (Rajathi 2017). Se propone en este sentido que los iones OH, ejercen acciones de acomplejante de los iones plomo, para el control de la precipitación, como ha sido propuesto también en otros trabajos (Rajathi, 2015).

Se propone que la agitación continua en los reactores para PbS, permitió obtener una difusión más eficaz de los iones hacia el substrato, lo que propició una nucleación eficiente y por otro lado un crecimiento controlado y homogéneo; lo cual se relaciona con el mecanismo *ion por ion*.

En la fase de diseño de las formulaciones para las películas de ZnS, se encontró en nuestras referencias que al incrementar la concentración de tiourea favorecen la obtención de películas de buena calidad (J González-Jan, 2019), se comprobó por las bajas concentraciones de iones azufre en el baño, las películas presentaban una pobre adhesión al substrato. También se varió el pH, lo cual influyó en la obtención de películas más gruesas, ya que la hidrólisis de la tiourea depende de la presencia de iones OH.

Hodes (2016), relaciona la presencia de un complejo metal-tiourea, con el crecimiento *ion por ion* en películas de calcogenuro de metales. Lo que representa una evidencia de que este puede ser el mecanismo predominante de crecimiento de las muestras de ZnS.

Propiedades Morfológicas y Espesores

Respecto a la morfología superficial de las tres películas delgadas se encuentra que en general son visualmente uniformes y sin evidencias de agregados de gran tamaño, que pueden influir en su rugosidad. Estudios de microscopía electrónica de barrido son una mejor evidencia de esto, pero en este caso la morfología superficial se estudió con perfilometría. Las figuras 4, 5, y 6 muestran la morfología de las películas obtenidas. Las películas muestran una morfología uniforme y sin huecos. Esta evidencia apoya la hipótesis propuesta de que el mecanismo de crecimiento predominante es *ion por ion.* (Slonopas, 2016)

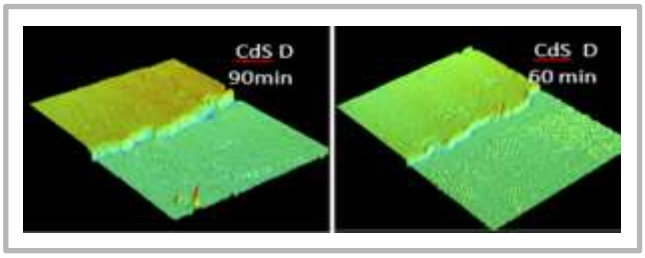


Figura 4. Imágenes de perfilometría y espesores de las películas de CdS depositadas a distintos tiempos. Fuente: (Contreras, 2018)

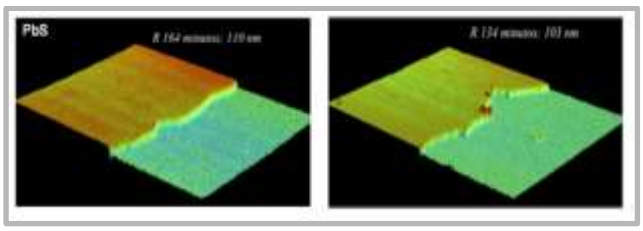


Figura 5. Imágenes de perfilometría y espesores de las películas PbS depositadas a distintos tiempos. Fuente: (Ordaz, 2018)

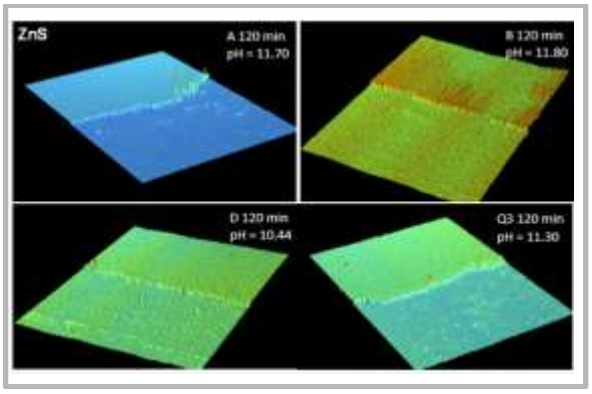


Figura 6. Imágenes de perfilometría y espesores de las películas ZnS depositadas a distintos tiempos. Fuente: (Ordaz, 2019)

En la tabla 3 se reportan los espesores de cada material, observándose la tendencia de un mayor espesor conforme aumentó el tiempo del depósito. Como se observa, los espesores en general oscilaron entre los 30 y 161 nm, siendo las de ZnS las que presentaron espesores menores.

Tabla 3. Espesores de cada película en función del tiempo. Elaboración propia.

Película delgada	Tiempo de depósito (min)	Espesores (nm)
CdS	60	112
	90	161
ZnS	120 a diferentes pH	Oscila de 30-80
PbS	104	65
	134	103
	164	110

La perfilometría del PbS refleja que es el material que podría tener un componente mayor de crecimiento por *clústers*, esto por las etapas tardías de la reacción, lo cual se aprecia en los cúmulos de color naranja que se distinguen sobre la superficie en las imágenes de la figura 5, sin embargo, no pueden considerarse. Las propiedades macroscópicas de este material altamente reflejante (fig. 3) apoyan la idea anterior, ya que si fuese significativa esta rugosidad habría una evidente manifestación en las propiedades ópticas, apreciadas a simple vista con un aspecto más bien opaco en vez de liso y sin la totalmente clara reflexión especular.

Propiedades Ópticas

Las gráficas (a) y (b) de la figura 7 representan el borde característico de cada material, en CdS el borde de absorción se encuentra alrededor de los 500 nm y en ZnS alrededor de los 350 nm, con lo que se comprueba la identidad de las películas, siendo sus energías gap alrededor de 2.55 eV y 3.91 eV, respectivamente.

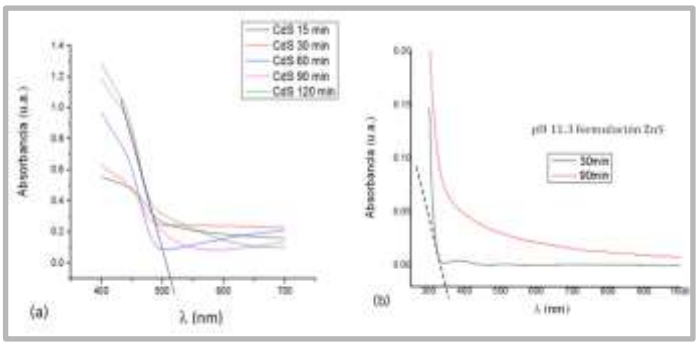


Figura 7. Espectros de absorción de las películas delgadas (a) CdS y (b) ZnS. Caracterizadas mediante espectroscopía UV-Vis. Fuente elaboración propia; (Ordaz, 2019).

Las películas de CdS y ZnS son altamente transparentes, con datos de alrededor del 60 al 85% de transmitancia en casi toda la región visible del espectro electromagnético. En las gráficas (a) y (b) de la figura 8 se presentan estos resultados, para películas de diferentes espesores.

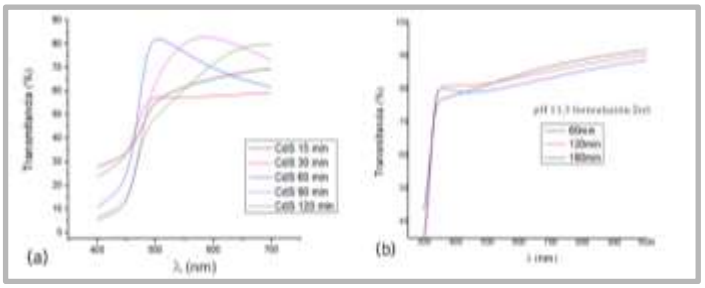


Figura 8. Espectros de transmisión de las películas (a) CdS y (b) ZnS, obtenidas por espectroscopía UV-Vis. Fuente: elaboración propia en colaboración con Ordaz, 2019.

Las películas de PbS son altamente reflejantes, por lo que la técnica de Espectroscopía UV-Vis no fue apropiada para estudiar sus propiedades ópticas. Por lo tanto, su estudio se realizó a partir de la técnica de

Espectrofotometría de Reflexión y Transmisión (ERT).

La figura 9 muestra los espectros de reflexión y transmisión de las películas de PbS. Se observa en (a) la cuantificación de la reflexión en todo el espectro visible de alrededor del 60%.

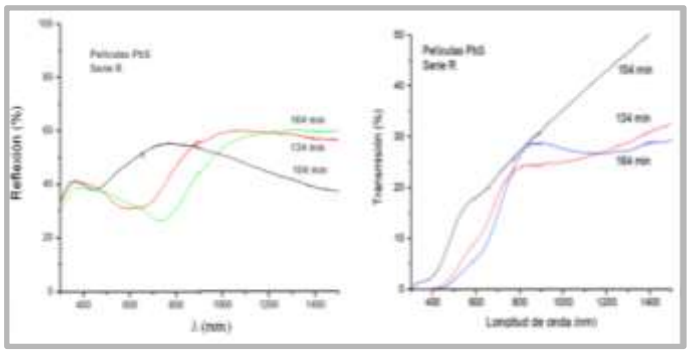


Figura 9. Espectros de reflexión ("a": gráfica de la izquierda) y transmisión ("b": gráfica de la derecha) de las películas delgadas de PbS, obtenidas mediante la Espectroscopía de Reflexión y Transmisión (ERT). Fuente: (Ordaz, 2018).

El conjunto de propiedades ópticas de las películas de CdS, PbS y ZnS, pueden considerarse evidencia de un crecimiento altamente gradual y ordenado que apoyan nuestra hipótesis de que el mecanismo de crecimiento predominante es *ion por ion* en cada caso.

Caracterización Estructural

En la figura 10 se muestran los patrones de difracción de CdS y PbS, donde es claro el crecimiento policristalino de estos recubrimientos. Las fases en que cristalizaron estos materiales, fueron la hexagonal compacta y la cúbica simple respectivamente. A partir de estos datos se calculó el tamaño de grano promedio de las dos películas delgadas resultando en 7.9 y 0.22 nm, respectivamente.

De los espectros de difracción de ZnS, no se obtuvo información tan clara, ya que los difractogramas no presentaron los picos característicos de este material, lo cual muy probablemente se relaciona más con los bajos espesores antes reportados (tabla 3) que con una estructura amorfa.

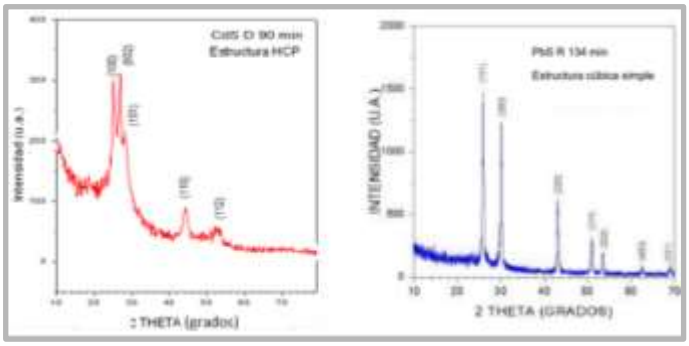


Figura 10. Patrón de rayos X de las películas delgadas (a) Gráfica de la izquierda: CdS y (b) Gráfica de la derecha: PbS, depositadas a 90 y 134 minutos, respectivamente. Fuente: (Contreras, 2018; Ordaz, 2018)

Correlación propiedades - composición - mecanismo de crecimiento.

Los resultados de la búsqueda sistemática de información se representan en las tablas de análisis 4 a 6. Como criterios de filtro y selección de la información se buscó coincidencia en las condiciones de los depósitos, agitación, temperaturas, pH y composición de los baños, con las condiciones de nuestros trabajos previos (Contreras, 2018; Ordaz, 2018; Ordaz, 2019).

Tabla 4. Tabla de análisis para películas delgadas de CdS. Fuente: Slonopas y colaboradores, 2016.

Mecanismo predominante	*Ion por ion* a bajas temperaturas. *Clúster por clúster* a altas.
Propiedades ópticas y estructurales	Color amarillo, buena adherencia al sustrato, capa inferior compacta con 85% más de espesor al total, el aumento de temperatura provoca más picos, mayor cristalinidad, estructura cristalina cúbica, tamaño de grano grande a bajas temperaturas.
Composición y otras variables de crecimiento	$CdSO_4 \cdot H_2O$ 9 mmoles/L, Citrato de sodio dihidrato 1.44 mmoles/L, NH_4OH 9 mmoles/L y CH_4N_2S 1 mmol/L. Agua desionizada para un volumen total de 100 ml. Uso de placa caliente con un agitador magnético a 90 RPM. Las temperaturas de 55 y 95 ° C. Se limpiaron y se secaron con gas nitrógeno. Tiourea se descompone en diazometano. La alta temperatura de 95°C satura la solución de iones OH. Larga deposición de 6h.

Tabla 5. Tabla de análisis para películas delgadas de ZnS. Fuente: Agawane y colaboradores, 2012.

Mecanismo predominante	Depende de las concentraciones del citrato. Alta concentración de agente complejante se presenta *ion por ion.*
Propiedades ópticas y estructurales	La nucleación homogénea provoca un tamaño grande de partícula. Mayor concentración de citrato, mejora la adherencia, resultan bajos espesores pero se mejora la homogeneidad, menos rugosa, esta misma no presenta picos fuertes. Estructura hexagonal policristalina. Son muy transparentes, el porcentaje de transmisión es del 85%. Buena adherencia a los sustratos. La banda gap de 3,73 a 3,80 eV.
Composición y otras variables de crecimiento	Dihidrato de acetato de zinc 3.2 mmoles/L y CH_4N_2S 6.4 mmoles/L. Varias combinaciones del agente complejante Na3-citrato (0 a 3.2 mmoles/L). El pH de 10. Agua desionizada para el volumen total de 100 ml. Antes del depósito, los substratos fueron ultrasonicados, se limpiaron con acetona y alcoholes durante 10 min, temperatura del baño 80°C. El baño es alcalino acuoso, está compuesto de sal de Zn con amoníaco, donde controlan los iones Zn^{2+}. La alta concentración de enlace Zn-S provoca mayor concentración de citrato de Na_3.

Tabla 6. Tabla de análisis para películas delgadas de PbS. Fuente: Gertman y colaboradores, 2014.

Mecanismo predominante	A 50°C, para $Pb(OH)_2$, presentó *ion por ion*. A bajas temperaturas el mecanismo es controlado por tiourea siendo el mecanismo *clúster por clúster*.
Propiedades ópticas y estructurales	A 50°C presentó un crecimiento ordenado de cristales grandes en los núcleos. Mecanismo i*on por ion* provoca una película más lisa, densa, con menos vacíos y una mejor adherencia de PbS y el ZnO NW. Su banda gap es de 0.41 eV.
Composición y otras variables de crecimiento	PbS sobre ZnO NW, se utilizó $Pb(NO_3)_2$, $CS(NH_2)_2$, y NaOH para ajustar el pH de 12. Se burbujeó gas N_2 durante 1 h. Para ZnO realizaron centrifugación de acetato de zinc 5 mmoles/L deshidratado en etanol a 4000 RPM y 400°C. Para NW se usó nitrato de zinc 25 mmoles/L hidrato y metenamina 25 mmoles/L a 90 ° C durante 3h, con tratamiento térmico a 450°C. El aumento de $CS(NH_2)$ acelera el crecimiento. La deposición a 50°C mejora el tamaño de los cristales.

El análisis de toda la información de cada referencia investigada, indica que sí existe una correlación entre las condiciones de crecimiento, las propiedades y el mecanismo de crecimiento, a partir de lo cual fue posible establecer algunas generalizaciones que permitieron proponer el mecanismo de reacción de las películas estudiadas.

Una de las conceptualizaciones más importantes para la síntesis de las tres películas CdS, ZnS y PbS que se puede sostener, es que las temperaturas de depósito son mucho menores a 100 °C, el incremento en las concentraciones de los agentes complejantes y el pH alcalino (alrededor de 10), influyen en la predominancia del mecanismo de crecimiento *ion por ion* (Agawane, 2012; Gertman, 2016). Estas condiciones fueron reproducidas en esta investigación, incluso en el caso del PbS, crecimiento libre de TEA, donde la acción de acomplejamiento del Pb, se realizó a partir de los iones OH.

Otra generalización es que las películas de ZnS son más homogéneas, con tamaño de partícula grande y alta cristalinidad a bajas temperaturas de reacción. Todas éstas son características que se han relacionado al mecanismo *ion por ion*. Sin embargo en las condiciones mencionadas, los espesores suelen ser bajos, lo que puede dificultar los análisis por DRX. Lo que puede estar algo relacionado con los resultados que se obtuvieron para las películas de ZnS, sintetizadas en este estudio.

El mecanismo *clúster por clúster* se encuentra relacionado con temperaturas de depósito mayores a las que se probaron en este trabajo, para el caso de ZnS y PbS (Agawane, 2012; Gertman, 2014).

De acuerdo a los datos investigados, queda clara la noción de que la agitación del reactor puede mejorar el ordenamiento en los cristales durante el depósito, esto se puede relacionar con la difusión eficiente de iones, moléculas y granos de los materiales en el baño (Ordaz, 2018; Slonopas, 2016). El mayor ordenamiento se relaciona con el mecanismo *ion por ion*, lo cual es otro factor que apoya la hipótesis de que el crecimiento de las películas de PbS siguió este mecanismo, tanto por las condiciones de agitación, como por las propiedades estructurales conseguidas.

Sobre la propiedades ópticas se puede idealizar que el alto grado de transparencias de las películas de CdS tiene correlación con el mecanismo *ion por ion* de acuerdo a lo encontrado en la literatura (Slonopas, 2016). También esta es una característica coincidente

con los resultados de la caracterización óptica de las películas de CdS y ZnS.

Conclusiones

En este trabajo se determinó el mecanismo de crecimiento más probable de las películas delgadas de CdS, PbS y ZnS, a partir del análisis de la relación entre la composición química de los reactores de la síntesis y las propiedades que se obtuvieron por su caracterización.

Lo más importante de esta investigación fue el aporte teórico que se logra sobre los mecanismos de crecimiento *ion por ion* y *clúster por clúster*, así como su correlación con las condiciones de síntesis por CBD y las propiedades de las películas.

Lo que más influyó para lograr la determinación del mecanismo de crecimiento fue la experiencia previa del grupo, el acceso a las fuentes de información, el análisis cuidadoso y sistemático de los datos experimentales de la síntesis y la caracterización de las películas de CdS, ZnS y PbS, ya que a partir de ello, se obtuvieron datos suficientes para lograr las generalizaciones alcanzadas. Lo más complicado fue la identificación de las fuentes más apropiadas y su análisis, porque actualmente el tema de los mecanismos de crecimiento CBD no ha sido suficientemente tratado en la literatura especializada.

Agradecimientos

El Programa de Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos 2020 del Estado de Querétaro, por incentivar y promover la investigación en los estudiantes de nivel superior.

El Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, a través del Departamento de Metalmecánica, la División de Posgrado e Investigación y el Laboratorio de Materiales, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

Al CINVESTAV Unidad Querétaro, por el apoyo otorgado en la caracterización de los materiales sintetizados.

Referencias

- Cohen J. (2018). Fabricación y caracterización de la celda solar con estructura PbS/CdS depositada por el método de baño químico. Tesis de la Universidad de Sonora.
- Sánchez Y. (2016). Síntesis química de capas buffer para nuevas tecnologías de calcogenuros con aplicaciones fotovoltaicas. Tesis de la Universidad de Barcelona.
- Göde, F., Yavuz, F. y Kariperb, I. A. (2015). Preparation and characterization of nanocrystalline PbS thin films produced by chemical bath deposition. Journal of Acta Physica Polonica A, Vol. 128, 215-218.
- Hone, Fekadu Gashaw y Dejene, F. B. (2018). Six complexing agents and their effects on optical, structural, morphological and photoluminescence properties of lead sulphide thin films prepared by chemical route. Journal of Luminescence, Vol. 201, 321-328.
- S Rajathi KK (2017). Preparation of nanocrystalline Cd-doped PbS thin films and their. Journal of Talibah University for Science.
- Peña L. (2015). Desarrollo y caracterización de películas delgadas semiconductoras para potenciales aplicaciones en celdas solares fotovoltaicas. Tesis del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (unidad Monterrey).
- Slonopas, A., Ryan H., Foley B., Sun Z., Sun K., Globus T. y Norris P. (2016). Growth mechanisms and their effects on the opto-electrical properties of CdS thin films prepared by chemical bath deposition. Journal of Materials Science in Semiconductor Processing, Vol. 52, 24-31.
- Hlatshwayo T., Nel J., y Diale M. (2017). Influence of ammonia concentration on the microstructure, electrical and raman properties of low temperature chemical bath deposited ZnO nanorods. Journal of Materials Science in Semiconductor Processing, Vol. 71, 209-216.
- Switzer, J. y Hodes, G. (2010). Electrodeposición y deposición en baño químico de nanomateriales funcionales. *Boletín MRS, 35* (10), 743-750.
- Contreras Serrato, A., Copado Padilla, B. P., Ortuño López, M., Barreiro Rodríguez, G., & Sánchez, J. (2018). Estudio de condiciones idóndeas para la síntesis sostenible de materiales semiconductores, con propiedades optoelectrónicas, estudio de repetibilidad. *Revista Nthe*, 81-86.
- Ordaz E., Ortuño M., Barreiro G., Castilla S., Yáñez J. y Flores R. (2018). Síntesis y caracterización de películas delgadas de PbS mediante una fórmula libre de trietanolamina por depósito en baño químico a temperatura ambiente. Revista NTHE, 23: 21-27.
- Ordaz Fernández, E. A., González Rostro, A. L., Hernández Pérez, G., Saldaña Salas, M. Á., Moreno Olivas, G. A., García Antonio, D. L., . . . Flores Farías, R. (2019). Síntesis y caracterización de recubrimientos de ZnS químicamente depositados. *Revista Nthe*, 81-88.
- Sandoval, M. G., Ramírez, R. (2009). Analysis of the early growth mechanisms during the chemical deposition of CdS

thin films by spectroscopic ellipsometry. Journal of Thin Solid Films, Vol. 517, 6747-6752.

- Hurtado M. (2010). Síntesis de películas delgadas de ZnS por el método CBD y uso como capa buffer en celdas solares basadas en $Cu(In,Ga)(S,Se)_2$. Tesis de la Universidad Nacional de Colombia.
- Ortuño, M., Ochoa, R., Sandoval, M., Sotelo, M., Flores, M. y Ramírez, R. (2013). Studies on the properties of CdS films deposited from ph-controlled growth solutions. Journal of Materials Research, Vol. 16, 937-943.
- Agawane, G., Shin, S., Moholkar, A., Gurav, K., Yun, J., Lee, J. y Kim, J. (2012). Non-toxic complexing agent Tri-sodium citrate's effect on chemical bath deposited ZnS thin films and its growth mechanism. Journal of Alloys and Compounds, Vol. 535, 53-61.
- Gertman, R., Osherov, A., Golan, Y. y Visoly, I. (2014). Chemical bath deposited PbS thin films on ZnO nanowires for photovoltaic applications. Journal of Thin Solid Films, Vol. 550, 149-155.
- González, I. y Oliva, A., (2019). Kinetic of growth of chemically deposited ZnS films near room temperature conditions. Journal of Materials Research Express, Vol. 6.
- Chen, F., Jie W. y Cai X. (2008). Effects of supersaturation on CdS film growth from dilute solutions on glass substrate in chemical bath deposition process. Journal of Thin Solid Films, Vol. 516, 2823-2828.
- Rajathi, S., Kirubavathi, K. y Selvaraju, K. (2015). Structural, morphological, optical, and photoluminescence properties of nanocrystalline PbS thin films grown by chemical bath deposition. Journal of Arabian Journal of Chemistry, Vol. 10, 1167-1174.
- Ortuño, M., Sotelo, M., Mendoza, A. y Ramírez, R.(2004). Chemically deposited CdS films in an ammonia-free cadmium-sodium citrate system. Journal of Thin Solid Films, Vol. 457, 278-284.
- Azmi, N., Chelvanathan, P., Yusoff, Y., Shahahmadi, S., Tiong, S., Sopian K., y Amin, N. (2020). A comprehensive study on the effects of alternative sulphur precursor on the material properties of chemical bath deposited CdS thin films. Journal of Ceramics International, Vol. 46, 18716-18724.

Diseño de un vector de expresión específica de bioluminiscencia

Miranda-Tavera Luis Fernando Universidad Autónoma de Querétaro
fernando_tavera@outlook.com

[Asesor] Cruz-Hernández Andrés Universidad De La Salle de Bajío Andrex1998@hotmail.com

ABSTRACT

Bioluminescence is a phenomenon that can be see it in bare eye. The biophotons are created when oxygen is released from a luciferin previously oxidized by the luciferase. In the past years, bioluminescence is gaining importance as biomarker in research areas such health and environmental. At first, insect's luciferase was used, but recently fungi and bacterial bioluminescence systems are getting the highlights, because they are versatile and have a low energy cost, cause the main substrate is recycled.

Bacterial bioluminescence is encoded in the lux operon, containing the six genes that express the biophoton production system. Eukaryotic cells can´t read operons, but chloroplasts (and mitochondrias) can, given they have a prokaryotic like machinery that can transcribe and translate this genes arrangement, making these organelles a point of interest to expressed recombinant proteins. However, there is a problem with this setup: The expression can´t be controlled for specific tissue, neither in specific states of plant. This uncontrolled process cost high amounts of energy, being detrimental for the plant growth. Our objective is controlling the expression of the foreign proteins and the specificity in target tissues, this may be achieved using the Phage T7 RNApolimerase and his specific promoter.

We achieve isolation of the regulatory sequences through Touchdown PCRs of tabacum DNA extractions, using our designed primers. These amplifications were used to build the expression cassette using pBI121 as backbone.

KEY WORDS

Bioluminescence, Chloroplast Transformation, Tissue Specific Expression, Vector Construction.

RESUMEN

La bioluminiscencia es un fenómeno que se puede ver a simple vista. Los biofotones se crean cuando se libera oxígeno de una luciferina previamente oxidada por la luciferasa. En los últimos años, la bioluminiscencia está ganando importancia como biomarcador en áreas de investigación como la salud y el medio ambiente. Al principio se usaba luciferasa de insectos, pero recientemente la bioluminiscencia de hongos y bacterias es cada vez más usada, por sus sistemas de reciclado de luciferina y versatilidad.

La bioluminiscencia bacteriana está codificada en el operón lux, este contiene los seis genes que expresan el sistema de producción de biofotones. Las células eucariotas no pueden leer los operones, pero los cloroplastos (y las mitocondrias) sí, debido a que poseen la maquinaria similar a los procariotas, pudiendo transcribir y traducir los operones, sugiriendo a estos organelos como blanco para la producción de proteínas recombinantes. Sin embargo, la expresión no se puede controlar para tejido específico, ni en estadios específicos de la planta. La producción desregulada y su gasto de energía, es perjudicial para el crecimiento de la planta. Nuestro objetivo es controlar la expresión de las proteínas externas y la especificidad en tejidos utilizando la RNApolimerasa del fago T7 y su promotor específico.

Con nuestros diseños de primers aislamos las secuencias reguladoras a partir de PCRs Touchdown en extracciones de ADN total de tabaco. Estas amplificaciones se utilizarán para construir el casete de expresión utilizando el plásmido pBI121 como base.

PALABRAS CLAVE

Bioluminiscencia, Transformación de Cloroplastos, Expresión Específica de Tejido, Construcción de Vector.

INTRODUCCIÓN

La bioluminiscencia es el fenómeno de emitir luz visible a través de reacciones químicas presente en algunos organismos, se diferencia de la fosforescencia y la fluorescencia debido a que en estos procesos se necesita una excitación previa con luz para poder emitir fotones; la bioluminiscencia, en cambio, libera fotones por medio de una reacción química no exotérmica. Esta reacción consiste en la oxidación de la luciferina por la acción de la luciferasa, la luciferina entra a un estado de excitación y cuando vuelve a su forma basal libera el oxígeno y biofotones (Vacher et al, 2017) [Figura 1].

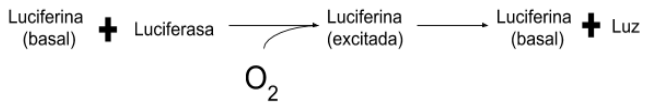


Figura 1. Reacción de la bioluminiscencia.

A pesar de que la bioluminiscencia se puede encontrar en ecosistemas terrestres, de agua salada y agua dulce, la mayoría de los organismos bioluminiscentes habitan mares y océanos, siendo principalmente la bioluminiscencia de origen bacteriano (Xuan et al., 2015). Los genes encargados de expresar la bioluminiscencia se encuentran acomodados dentro del operón *lux* [Figura2]. 3 genes codifican enzimas para sintetizar y reciclar la luciferina (*lux*C, *lux*D y *lux*E), 2 producen las subunidades de la luciferasa (*lux*A y *lux*B) y 1 se sintetiza la enzima que provee el poder reductor necesario en la reacción (*lux*G) (Tabib et al., 2017) [Figura 3].

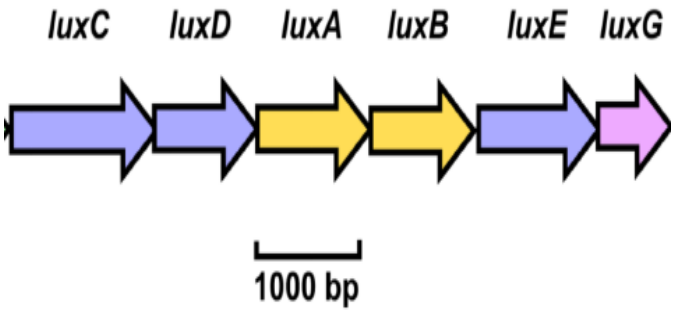
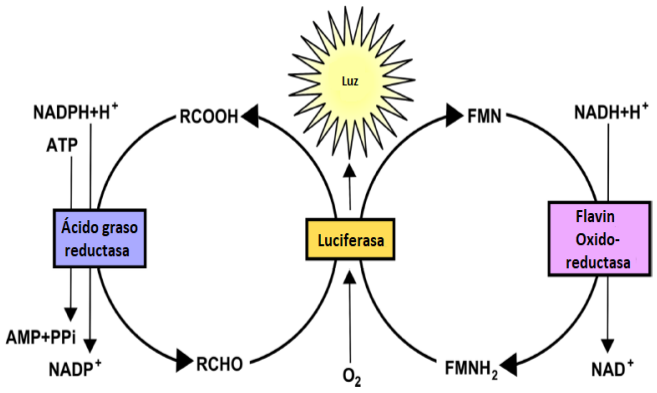


Figura 2. Arreglo del operón *lux*.



Los cloroplastos y los plastos no verdes son organelos con su propio ADN, son semi-autónomos e importantes dentro de la célula debido a su gran actividad metabólica, su origen data de hace más 1200 millones de años, cuando una célula eucariota con mitocondria fagocitó una bacteria con actividades fotosintéticas (Liebers et al., 2017). Este origen procariótico de los cloroplastos lo proponen como piezas importantes en la ingeniería metabólica moderna por poseer cualidades como:

- Se puede dirigir la recombinación homóloga en el plastoma. A diferencia de la inserción de genes en el núcleo, que es aleatoria.

- Los plastos son capaces de transcribir operones. Simplificando la construcción de los plásmidos.

- Hay aproximadamente 100 cloroplastos por célula y en cada cloroplasto hay hasta 50 copias del plastoma

- La integración se puede dirigir a las zonas invertidas, teniendo dos copias por plastoma. Hasta 10,000 copias del gen por célula.

- El silenciamiento de genes dentro del cloroplasto y las modificaciones epigenéticas son mínimas.

- La acumulación de proteínas expresadas dentro del cloroplasto es de 10 a 100 veces mayor a la del núcleo.

- Los cloroplastos son ambientes semi-aislados que poseen propiedades bioquímicas específicas (Fuentes et al., 2018).

El número elevado de copias lleva a una sobrexpresión del gen que puede ocupar hasta el 70% de la proteína total de la célula. La sobreexpresión de los genes no nativos de las plantas puede ser dañina, al desviar la energía metabólica necesaria para el crecimiento de la planta para nivelar el exceso de energía consumida al producir las moléculas recombinantes. Para ello es necesaria la regulación y control de expresión de los genes foráneos usando sistemas como el de la ARN polimerasa del bacteriófago T7. Esta polimerasa reconoce solo su promotor específico para iniciar la transcripción (Ahmad et al., 2016). La síntesis de la T7 ARN polimerasa se dará en núcleo, siendo regulada por los promotores específicos de tejidos o de estadía como APETALA 1 y APETALA 3 (AP1 y AP3), Chalcona Sintetasa (CHS), Factor de Elongación Alfa (EF1α), Diogenasa de unión a carotenoides (CCD), entre otros (Azadi et al., 2016).

Para dirigir la T7 ARN polimerasa necesitará un péptido señal en el N-terminal, al igual que el resto de las proteínas sintetizadas en el citosol y deben entran al cloroplasto. Estos péptido señales o péptidos de tránsito (PTs) son reconocidos por el complejo TOC/TIC (translocón de membrana exterior/translocón de membrana interior, por sus siglas en inglés) e inician el proceso de internalización de la pre-proteína al estroma donde es cortada por una peptidasa para formar la proteína madura (Ahmad et al., 2016). Dentro de la familia de lo PTs, la peptido señal de la Subunidad Pequeña del RuBisCO ha demostrado ser eficiente en la importación de proteínas y las proteínas recombinantes con esta péptido señal presentan mayores niveles de expresión y una mayor acumulación de proteína soluble en cloroplasto, gracias a sus motivos FLGK y LKSSA (Richardson et al., 2018) [Figura 4].

PT Subunidad Pequeña del Rubisco
MASSMLSSAAVVTPAQATMVAPFTGLKSSAFPVTRKANNDITSSITNGGRVSC

Figura 4. Secuencia del péptido de transito de la Subunidad Pequeña del RuBisCO.

Nicotiana tabacum fue la primer planta en lograr ser reproducida por cultivo de tejidos y también es pionera en ingeniería genética. El análisis de su genoma permitió un mayor entendimiento de las secuencias reguladoras en la expresión de genes. La estructura del cloroplasto está seccionada en 4 partes, estas partes son llamadas Cadena Larga (LSC); Región Invertida A (IRA); Cadena Corta (SSC); y Región Invertida B (IRB) [Figura 5]. Dentro de las IRs encontramos las secuencias codificantes para los tRNAs de transferencia para Isoleucina y para Alanina [Figura 5, encerrado en rojo], que son regiones altamente conservadas entre especies y su región Intergénica ha sido utilizada como blanco de inserción de genes por recombinación por el alto nivel de expresión (Edwards et al., 2017).

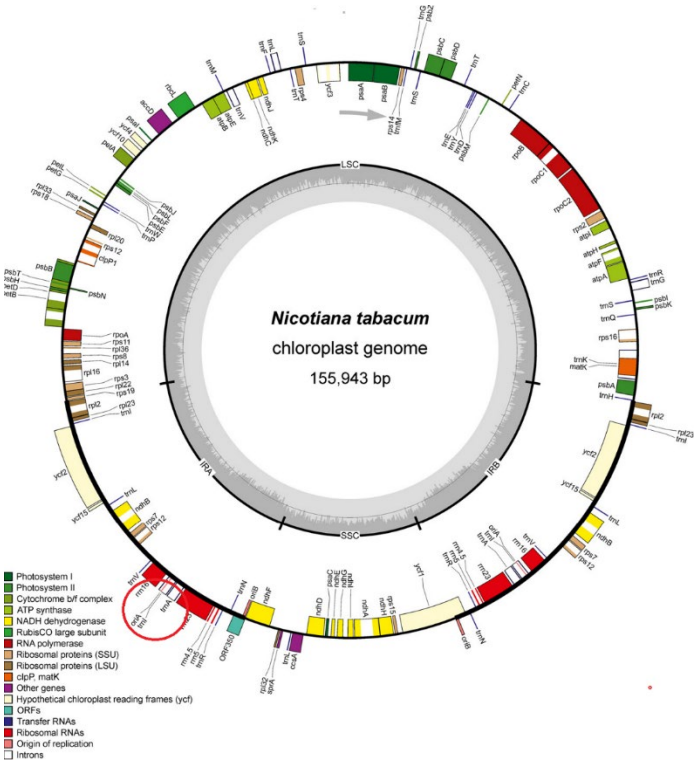


Figura 5. Arquitectura del plastoma de *N. tabacum*.

El objetivo de nuestra investigación es construir un vector de expresión especifica de bioluminiscencia controlado por la T7 ARN polimerasa en tejidos, estadios o procesos específicos de las plantas y así generar biomarcadores. Para lograrlo se diseñaron los primers para específicos de las secuencias reguladoras y el operón *lux* de las bacterias, se aislaron por medio

de PCR y se inició la construcción el vector de expresión.

METODOLOGÍA

Los primers se diseñaron usando NCBI Primer Desing Tool, se les agregó un sitio de restricción de endonucleasas [Cuadro 1] y se analizaron sus propiedades con el programa OligoEvaluatorTM de Sigma-Aldrich. Se escogieron los oligos que cumplieran las siguientes características: 1) Que amplificaran la región deseada. 2) Que en la secuencia no se repitieran más de tres citosinas y guaninas seguidas. 3) Que presentaran un nivel bajo o nulo de auto complementariedad.

Cuadro 1. Secuencias de los oligos diseñados. Resaltado en azul están los sitios de restricción de las endonucleasas.

Nombre	Secuencia 5´->3´ (**xxxxxx**= sitio de resticción)
TrnI-TrnA	F GTTTCTCTCGCTTTTGGCAT
	R ATCGGCTAAGTTCACGAGTT
Lilium Prrn16	F TAGATAAGAGGCTCGTGGGA
	R **CTCGAG**ACTTGTATTCATGCGCTTCAT
N. Tabacum Prrn16	F **CTCGAG**CGTCGTTCAATGAGAATGGA
	R1 **AAGCTT**CCCAGAAATATAGCCATCCC
	R2 **AAGCTT**AAGCGGATTCGGAATTGTCT
PT7	F **AAGCTT**TAATACGACTCACTATAGG
	R **GAATTC**TCTCCCTATAGTGAGTCGT
T7g10L	F **GAATTC**AATAATTTTGTTTAACTTTAAGAA
	R **TCTAGA**ATGTATATCTCCTTCTTAAAGTTA
OpLux	F **TCTAGA**TGCATGATTAAGAAGATCCCAC
	R **AGATCT**TAAGCCAGCAGTTACCCAAT
3´UTR RBCL	F1 **AGATCT**AGGATTGAGCCGAATACAACA
	F2 **AGATCT**TGAGCCGAATACAACAAAGA
	R1 TCTGGGGGAACACTTCACT
	R2 TCTTATTTCCTATCAGACTAAGCAT

Para extraer el ADN total, primero se recolectaron y congelaron hojas de *N. tabacum* y *Lilium* spp. Con nitrógeno líquido y posteriormente se molieron hasta pulverizar por separado. Se recolectaron 0.1g de polvo de cada planta en microtubos, donde se les agregó 1ml de CTAB y se homogenizó la solución con ayuda de un vortex por 1 minuto. A los tubos se les añadieron 100µl de Acetato de Potasio 5M, se agitaron en vortex 1 minuto y se calentaron a 67°C en baño maría por 15 min.

Los compuestos orgánicos de las muestras se extrajeron usando 500 µl de Fenol:Cloroformo:Isoamílico (25:24:1, v/v), seguidos de una homogenización por 1 minuto y posteriormente se les vertieron 500 µl de Cloroformo:Isoamílico (24:1, v/v) homogenizándolos de igual manera. Los tubos se centrifugaron durante 5 minutos, recuperando la fase acuosa.

El ADN de la muestra se recuperó adicionando 0.1V de Acetato de Sodio 3M y 0.6 volúmenes de isopropanol y se dejó precipitar toda la noche en refrigeración.

El peso de los tubos se ajustó con isopropanol y se centrifugaron 5 min. Los tubos se decantaron para eliminar el sobrenadante, las pastillas se lavaron con etanol al 70% y se centrifugaron 5 min y se decantaron por segunda vez. Se extrajo el excedente de alcohol con ayuda de una microcentrífuga y una micropipeta. Se dejaron secar los tubos y los tubos se resuspendieron en 50 µl de TE.

Las amplificaciones se llevaron acabo con el protocolo de PCR touchdown, el cual consiste en reducir gradualmente la temperatura de alineamiento durante 10 ciclos con un máximo de temperatura reducida de hasta 5°C. posteriormente se llevan acabo 20 ciclos con la temperatura final alcanzada. Por ejemplo:

95°C 5min deshibridación

10 ciclos
- 95°C 1min deshibridación
- 55°C 1min alineamiento (0,5°C por ciclos)
- 72°C 1min elongación

20 ciclos
- 95°C 1 min deshibridación
- 50°C 1min deshibridación
- 72°C 1min elongación

72°C 5 min elongación

4°C ∞ conservación

Nota: Cada amplificación uso un protocolo diferente

La reacción de PCR se realizó con 2.5µl de Buffer libre de Mg, 1.5µl de cloruro de magnesio 50mM, 4µl de dNTPs mM, 2µ de Primer F, 2µl de primer R, 2µl de primer DNA, 1µl de Taq Polimerasa Recombinante y 10µl de agua libre de ARNasas.

Los resultados de las PCR, se cargaron en geles al 1% de agarosa (Invitrogen), y se realizó una electroforesis a 70V durante por 60 minutos, usando una fuente de poder Bio.-Rad. Los geles se revelaron en un transiluminador.

El vector pBI121 se digirió con endonucleasas tipo dos y dentro de la secuencia del polilinker digerida se insertarán los amplicones siguiendo el orden del Cuadro 2.

Cuadro 2. Orden de ensamble del casete de expresión

Orden de construcción
TrnI //
LiliumPrrn16 ***XhoI***
XhoI_NtabacumPrrn16_***HindIII***
HindIII Pt7 ***EcoRI***
EcoRI_T7g10_***XbaI***
XbaI Oplux ***BamHI***
BglII_3´RBCL
// TrnA

RESULTADOS

Cuadro 3. Resultados de las pruebas *in silico*.

Set de oligos	Tamaño del producto (pb)
TrnI-TrnA F/TrnI-TrnA R	1694
Lillium Prrn F/Lillium Prrn R	94
NT Prrn F / NT Prrn R1	72
NT Prrn F/ Nt Prrn R2	146
PT7 F/ PT7 R	35
T7g10L F/ T7g10L R	48
OP lux F/Op lux R	7248
3´UTR RBCL F1/3´UTR RBCL R1	526
3´UTR RBCL F1 /3´UTR RBCL R2	614
3´UTR RBCL F2/3´UTR RBCL R1	521
3´UTR RBCL F2/ 3´UTR RBCL R2	609

Los pares de primer se probaron in silico usando el programa online PCR Test y en BLAST, cambiando el algoritmo a ¨Secuencias de Alguna Manera Similares¨ (Somewhat Similiar Sequences, Blastn) para analizar la posibilidad de amplificar secuencias no deseadas. Los resultados in silico fueron favorables como se demuestran en el Cuadro 3.

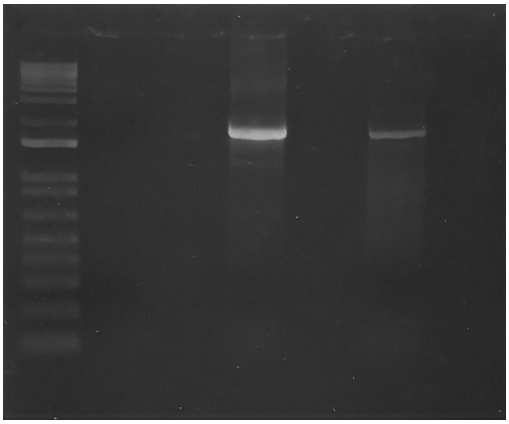


Figura 6. Electroforesis Región amplificada TrnI-TrnA

Las zonas intergénicas sirven para dirigir la recombinación homóloga en transformación de cloroplastos, dentro del espacio de los genes blancos se coloca el casete de expresión. La región Intergénica TrnI-TrnA comprende desde el sitio de inicio del ARN de transferencia de Isoleucina (TrnI) hasta el final del ARN de transferencia de Alanina (TrnA). Se realizó un PCR tiempo final con el ADN total extraído de hojas de *N. tabacum,* dándonos como resultado una amplificación con un tamaño mayor a las 1500pb, mientras que el valor teórico calculado es de 1694pb, haciéndonos suponer que la región amplificada fue la deseada [Figura 6].

Con ADN total de hojas de lilis comerciales se buscó amplificar el promotor del operón del ARN ribosomal de cloroplasto, este promotor aumenta considerablemente la expresión de genes heterólogos porque su secuencia contiene sitios de reconocimiento para polimerasas provenientes del núcleo y también sitios de reconocimiento para polimerasas propias del cloroplasto. En la figura 7 el tamaño del amplicón es cercano los 100pb como indica marcador. La PCR in *silico* nos da una secuencia 94pb de largo, proponiéndonos otra amplificación exitosa.

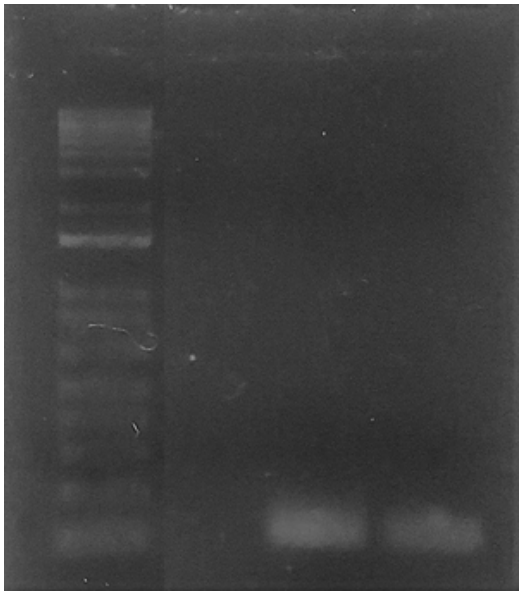


Figura 7. Amplificación del Promotor plastídico del operón de rRNA de Lillium spp.

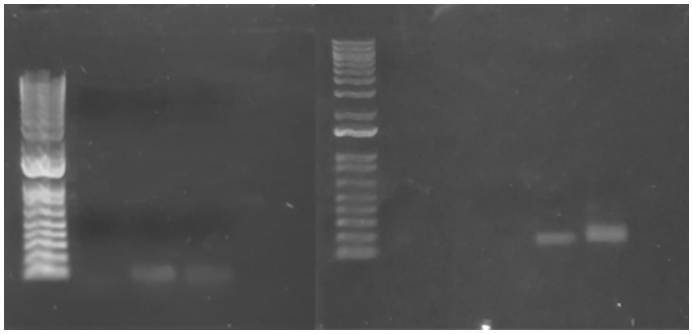


Figura 8. Amplificación del Promotor plastídico del operón de rRNA de Nicotiana tabacum. A la izquierda el amplicón de 72pb (FR1), en la derecha la región de 146pb amplificados por los primers FR2.

Para amplificar la región promotora de operón de ARN ribosomal de N. tabacum se diseñaron tres primers, un forward a 89pb upstream del codón de inicio (F); un reverse a 17pb upstream del codón de inicio (R1); y un reverse a 57pb downstream del codón de inicio (R2). El tamaño de la amplificación teórica de FR1 es de 72pb y en la experimentación observamos un amplicón que está por debajo del marcador de 100pb [Figura 8 izquierda]. La secuencia resultante de FR2 está entre los marcadores de 100pb y 200pb, una zona congruente con un amplicón de 146pb como indican las pruebas in silico [Figura 8 derecha].

Para sintetizar las secuencias 5´UTR del bacteriófago T7 se diseñaron pares de oligos complementarios entre sí, dando como un resultado un amplicón que contiene la secuencia deseada. La ARN polimerasa del fago T7 reconoce su secuencia específica de 35pb de bases, el resultado de la PCR usando los primers PT7 F y PT7 R da una banda de tamaño cercano a los 100pb [Figura 9], esto implica en la reacción de polimerización pudo haber auto complementación secundaria a la complementación diseñada para el par.

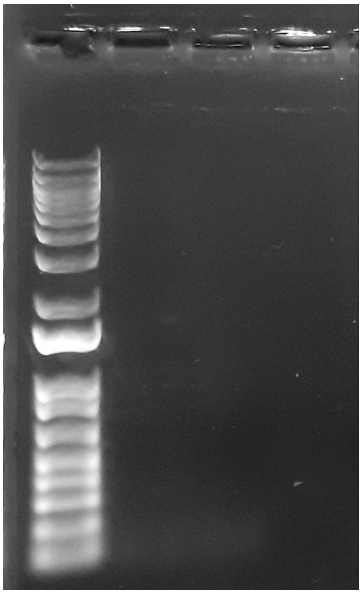


Figura 9. Zona de reconocimiento de la RNApolT7, promotor sintético de 35pb.

La secuencia líder 5´UTR que preside al gen 10 del bacteriófago T7 estabiliza la producción de ARN mensajero y ha demostrado ser una secuencia potenciadora para la transcripción de genes recombinantes en cloroplastos. La secuencia está compuesta por 36pb y con las extensiones de los sitios de restricción diseñadas con los primers auto complementarios el resultado nos da una secuencia de 48pb. La electroforesis nos muestra una secuencia distante del último marcador (100pb), distancia esperada para una secuencia con el tamaño que nosotros buscamos [Figura 10].

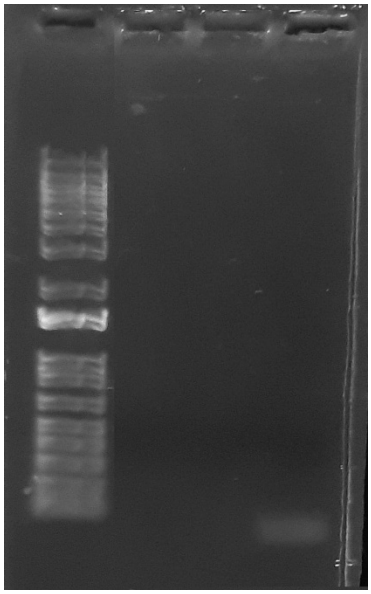


Figura 10. Cadena líder del gen 10 del fago T7, sintetizada con los primers T7g10LF y T7g10LR (48pb).

La región 3´UTR de la subunidad mayor de RuBisCO funge como estabilizador del RNA mensajero, funcionando como terminador para eficientizar la expresión de proteínas no endógenas. Para aislar esta secuencia se diseñaron 4 primers, dos forward que incluyen 16 y 12pb antes al codón para de la subunidad mayor de RuBisCo (F1 y F2, respectivamente); y R1 y R2, que están -509pb y 597pb del codón de paro. Las combinaciones F1R1 y F2R1 nos dan amplicones que se encuentran más próximas al marcador de las 500pb, correspondiendo a sus tamaños de 526 y 521 pb, respectivamente. Por otra parte, los amplicones que resultan de F1R2 y F2R2 están más cerca del marcador de 650pb, corroborando los tamaños estimados de 614 y 610pb, respectivamente.

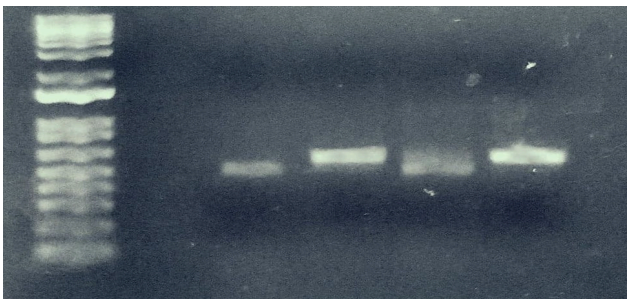


Figura 11. Terminador de la subunidad mayor de RuBisCO. De izquierda a derecha F1R1 (526pb) F1R2 (614pb) F2R1 (521) y F2R2(610)

Los amplicones se secuenciaron en un 3130 Series Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA), usando los oligos diseñados como iniciadores en la reacción. Las secuencias obtenidas de cada primers se analizaron con BLAST para determinar el porcentaje de similitud con las secuencias molde de N. tabacum, Lillium spp., P. leiognhati y el bacteriophago T7 [Cuadro 7]. La región terminadora del gen del RuBisCo de cadena larga (3´UTR RBCL) amplificada por los primers F1 y R2 no pudo ser secuenciada, descartándola para ser usada en el vector. Por otra parte, la secuencia amplificada por los primers F2 y R2 dio los mejores resultados, presento un mayor nivel de integridad y un 100% de similitud con la reportada por Shinozaki y col. 1986, sugiriéndola como un buen prospecto para ser usada en el vector de expresión.

El plásmido pBI121 tuvo tres tratamientos diferentes, el primero fue una digestión solo con *EcorRI,* en el segundo se digiriió con *Eco*RI + *Hind*III y por ultimó se digirió con *Eco*RI + *Xba*I. El vector linealizado tiene un largo de aproximadamente |14 kb mientras que los tratados con dos enzimas perdieron aproximadamente 2 kb [Figura 12]. Este vector cortado será usado posteriormente para construir nuestro vector de expresión específica de bioluminiscencia.

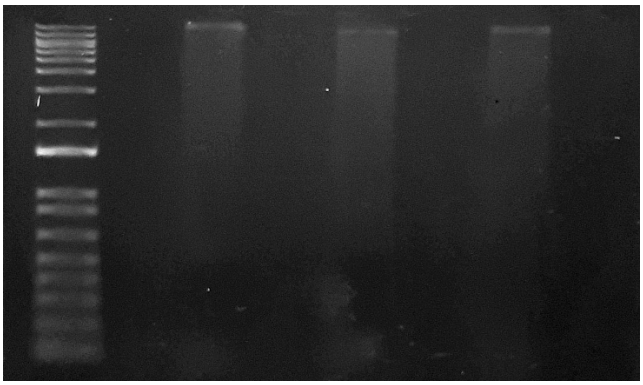


Figura 12. Vector pBI121 digerido con con *EcorRI,* (izquierda), *Eco*RI + *Hind*III (al centro), *Eco*RI + *Xba*I (derecha).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Las PCRs in silico realizadas son necesarias para determinar si los oligos diseñados son funcionales y

pueden amplificar las secuencias deseadas. Aunque este método no es 100% fiable por los tamaños de lectura del algoritmo de cada programa, nos permiten probar diferentes técnicas de PCR diferentes como las PCR degeneradas. En este caso, el análisis in silico nos brindó la información suficiente y correcta, permitiendo para sintetizar oligos funcionales como lo podemos observar en las figuras de la 7 a la 11 (Kalendar et al., 2017).

Se sugieren diferentes regiones intergénicas para la construcción del vector: accD-RBCL y TrnfM-trnG son regiones intergénicas que se encuentran en la Cadena Larga del genoma del cloroplasto; en cambio TrnI-TrnA, rps7-ndhB y rps12-TrnV se encuentran en las Regiones Invertidas del plastoma. En casos en los que se desconozca el arreglo génico de los cloroplastos, se pueden usar fragmentos de genes conocidos para dirigir la recombinación homóloga en cloroplasto (Gan et al., 2018). Sin embargo, se debe considerar que la expresión de proteínas es mayor en casetes con sitios de integración en las Regiones Invertidas debido a que por lo general habrá dos copias del gen en el plastoma. Genes integrados con TrnI-TrnA han alcanzado mayor expresión que genes integrados con accD-RBCL o rps12-TrnV (Daniell y et al., 2016).

Investigaciones anteriores fusionaron este promotor junto con otros promotores plastídicos, la fusión Prnn+PsbA potenció la transcripción de genes foráneos 44 veces más en comparación al promotor PsbA solo, a la par la transcripción fue 2 veces mayor al promotor de RBCL y 15 veces mayor al promotor PsbD. En cambio, la fusión Prrn+atpA acumuló 22 veces más mRNA heterólogos que el promotor atpA solo (Ritcher et al., 2018). El aumento de transcripción es debido a la estructura única del promotor, por ello analizamos los amplicones provenientes de las regiones 5´UTR de Lilium y N. tabacum con el predictor de promotores Frutiffy NNPP, ajustando el algoritmo para promotores procariontes. Este parámetro se escogió así, puesto que la estructura de los promotores en cloroplastos guarda similitud con los promotores en bacterias, conteniendo las secuencias consenso -35 y -10 (TTGACA y TATAAT, respectivamente) [Figura 13, resaltado en rojo]. El promotor del rRNA 16s también contiene una secuencia activadora (RUA) super conservada pegada a la región -35, mutaciones en esta zona provocan una caída drástica en la transcripción de ARN [Figura 13, resaltado en azul] . En la figura 13, resaltado en verde, se encuentra una secuencia de poli Guaninas (G-patch) característica del promotor ARNr 16s de N. tabacum, cambios de bases en esta zona también reduce el nivel de transcripción (Occhialini et al., 2019). A pesar de que el promotor NtPrrn FR1 posee mayor porcentaje de similitud con las secuencias registradas (Z00044.2), se decidió realizar la construcción del vector con NtPrrn FR2 al poseer los sitios de reconocimiento de la RNA polimerasa -35 y -10. De igual manera contiene la secuencia de activación RUA y el sitio poliG que potencia la transcripción.

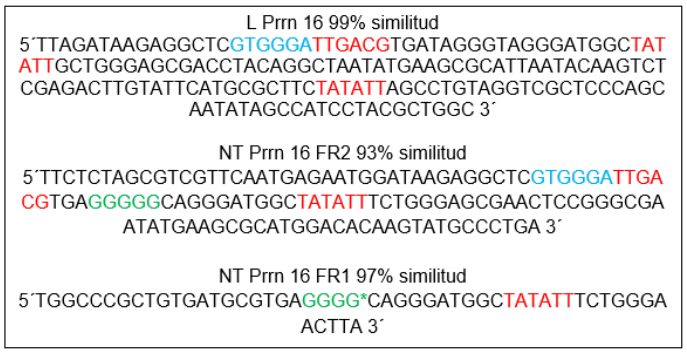


Figura 13. Secuencias promotoras putativas del rRNA ribosomal 16s.En rojo, zonas reconocidas por las RNA polimerasas (-35, -10). En azul el activador de transcripción (RUA). En verde la zona de poliG (G-Patch)

Las regiones 3´UTR de los genes plastídicos fungen como terminadores al igual que en las bacterias, estos terminadores tienen una estructura de tallo y asa que le otorgan al ARNm estabilidad y sitios de procesamiento. Las pocas investigaciones que se han hecho acerca de este tema indican que la existencia de estas estructuras aumenta la acumulación de ARNm, sin embargo, no se ha comprobado un cambio significativo en la traducción. A partir de esto se ha propuesto insertar Elementos de Intersistrónicos de Expresión (IEE) entre cada gen del operón, facilitando la expresión de los genes al ser procesado de manera monocistrónica, aumentando la

concentración de ARNm y la tasa de traducción (Schindel et al., 2016).

Con esto concluimos que los primers diseñados por nosotros son funcionales y aislaron las secuencias deseadas. En un futuro cercano se espera conseguir la bacteria bioluminiscente para aislar el operón y terminar así, la construcción de este vector.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad N, Michoux F, Lössi AG & Nixon PJ (2016, octubre 3). Challenges and perspectives in commercializing plastid transformation technology. *Journal of experimental botany*, 67(21), pp 5945-5960

Azadi P, Bagheri H, Molaahmad-Nalousi A, Nazari F & Chandler A.(2019, noviembre 1) Current status and biotechnological advances in genetic engineering of ornamental plants. *Biotechnology advances*, 34(6), pp 1073-1090.

Daniel H, Lin CS, Yu M & Chang WJ. (2016, junio 23). Chloroplast genomes: diversity, evolution and applications in genetic engineering. *Genome biology*,17(134), p 134

Edwards KD, Fernandez-Pozo N, Drake-Strowe K, Humprhy M, Evans AD, Bombarely A, Allen F, Hurst R, White B, Kernodle SP, Bromley JR, Sánchez-Tamburrino JP, Lewis RS & Mueller LA. (2017, junio 19). A reference genome for Nicotiana tabacum enables map-based cloning of homeologous loci implicated in nitrogen utilization efficiency. *BMC genomics,*18(448), pp 448-461

Fuentes P, Armagero-Mariott T & Bock R. (2017, julio 21). Plastid transformation and its application in metabolic engineering. *Current opinion in biotechnology*, 49, pp 10-15.

Gan Q, Jinaj J, Han X, Wang S & Lu Y. (2018, abril 11). Engineering the chloroplast genome of oleaginous marine microalga Nannochloropsis oceanica. *Frontiers in Plant Science*, 9, p 439

Kalendar R, Khassenov B, Ramankulov Y, Samuilova O & Ivanov KI. (2017, mayo 12).FastPCR: An in silico tool for fast primer and probe design and advanced sequence analysis. *Genomics*, 109(3-4), pp 312-319.

Liebers M, Grübler J, Chevalier F, Lerbs-Mache S, Merendino L, Blanvillain R & Plannschmidt T. (2017, enero 19). Regulatory shifts in plastid transcription play a key role in morphological conversions of plastids during plant development. *Frontiers in plant science*, 8(3), pp 1-8.

Occhiliani A, Piatek A, Pfotenhauer AC, Frazier TP, Steward CN, & Lenaghan SC. (2019, enero 24). MoChlo: A Versatile, Modular Cloning Toolbox for Chloroplast Biotechnology. *Plant physiology,* 179(3), pp 943–957.

Richardson L, Small EL, Inoue H & Schnell D. (2018, julio 10). Molecular topology of the transit peptide during chloroplast protein import. *Plant cell*, 30(8), pp1789-1806

Ritcher LV, Yang H, Yazdani M, Hanson MR, & Ahner BA. (2018, mayo 10)A downstream box fusion allows stable accumulation of a bacterial cellulase in Chlamydomonas reinhardtii chloroplasts. *Biotechnology biofuels*, 11(133), pp 1-10.

Schindel HS, Piatek A, Steward CN, & Lenaghan SC. (2018, Julio 23). The plastid genome as a chassis for synthetic biology-enabled metabolic engineering: players. *Plant Cell Reports,* 37(10), pp 1419-1429

Tabib C, Brodl E & Macheroux P. (2017, abril 19). Evidence for the generation of myristylated FMN by bacterial luciferase. *Molecular microbiology*. 104(6), pp 1027-1036

Vacher M, Fernandez-Galvan I, Din BW, Schramm S, Berraud-Pache R, Naumov P, Ferré N, Liu Y, Navizet I, Roc-Sanjúan D, Baader W & Lindh R. (2017, agosto 8). Chemi- and bioluminescence of cyclic peroxides. *ACS chemical reviews*, 118(15), pp 6927-6974

Xuan G, Lu X, Wang J, Lin H & Xiang Q (2015, julio 7). Quantification of ethanol using a luminescence system derived from Photobacterium leiognathid. *Analythic methods*, 7, pp 6220-6224

Alternativa biotecnológica para tratar residuos de colorantes.

Negrete Morales Paulina Vivian, Núñez Rodríguez Larissa de la Luz, Campero Romero Estefanía, Amaro Reyes Aldo.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Correo: aldo.amaro@uaq.edu.mx

Resumen

La inmovilización enzimática ayuda a la reducción de costos, proporciona una separación fácil de la enzima del producto, por lo que la contaminación de este con proteínas se minimiza o evita por completo. Las partículas magnéticas pueden ser una mejor opción en la inmovilización de enzimas. El objetivo fue evaluar la degradación de colorantes presentes en residuos, mediante el uso de agregados multienzimáticos inmovilizados en un soporte magnético con quitosano. Se sintetizaron nanopartículas con características magnéticas funcionalizadas con quitosano, en las que se inmovilizaron enzimas obtenidas mediante la fermentación en estado sólido (FES) a partir del hongo *Fomes* EUM1 en residuos agroindustriales. Del sistema Fe_3O_4@Quitosano@Lacasa se evaluó el efecto de pH y temperatura en la reacción de inmovilización para determinar la eficiencia y recuperación de actividad enzimática. La producción de lacasa alcanzó su máximo el día 7 con 5.9 U/g y se obtuvo un rendimiento de sólidos de la reacción de síntesis del 40 %, la inmovilización a pH 7 y 8 fueron los de mayor porcentaje de inmovilización (79.7 % y 80.1 %). La enzima inmovilizada muestra una mayor actividad catalítica comparada con la enzima libre respecto a la temperatura. A los 30 minutos de reacción se observó un 30 y 52 % de degradación en el colorante Sudán II usando extracto crudo enzimático (ECE) libre e inmovilizado. Se puede concluir que la enzima inmovilizada, tanto comercial como del ECE, proporciona mejores características que las conocidas y obtenidas de la enzima libre.

Palabras clave Lacasa, nanopartículas, FES, quitosano, colorantes

Review

Enzyme immobilization is a biotechnological method that helps reduce costs, provides easy separation of the enzyme from the product, so that product contamination with proteins is minimized or completely avoided. Magnetic particles may be a better option in immobilizing enzymes. The purpose of this work is to evaluate the degradation of dyes present in residues, by using multienzymatic aggregates immobilized on magnetic support with chitosan. Chitosan-functionalized nanoparticles with magnetic characteristics were synthesized, in which enzymes obtained by solid state fermentation (FES) from the *Fomes* EUM1 fungus were immobilized in agroindustrial waste. From the system (Fe_3O_4@ Chitosan @ Laccase, the effect of pH and temperature in the immobilization reaction was evaluated to determine efficiency and recovery of enzymatic activity. Laccase production reached its maximum on day 7 with 5.9 U/g and a yield of solids from the synthesis reaction of 39.88% was obtained, immobilization at pH 7 and 8 were the ones with the highest immobilization percentage (79.7 % and 80.1 %). The immobilized enzyme shows a higher catalytic activity compared to the free enzyme with respect to temperature. After 30 minutes of reaction, 30 and 52 % degradation is applied in the Sudan II dye using free and immobilized ECE. It can be concluded that the immobilized enzyme, both commercial and ECE, provides better characteristics than those known and obtained from the free enzyme.

Keywords Laccase, nanoparticles, FES, chitosan, colorants

Introducción

La industria textil es uno de los mayores consumidores de agua del mundo y es considerada un importante sector industrial contaminante debido al proceso de teñido, que tiene un impacto negativo en los factores ambientales a través de condiciones de trabajo tóxicas, vertidos de aguas residuales, y contaminación (Belpaire, Reyns, Geeraerts y Van Loco, 2015). En la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, la utilización de reactivos colorantes es un día a día en la elaboración de prácticas y proyectos de los estudiantes, sin embargo, al igual que muchos otros reactivos, se utilizan de momento y posteriormente se desechan.

Las lacasas fúngicas, unas enzimas clave para la degradación de la lignina, mostraron potencial para su aplicación en diferentes campos industriales como el blanqueo de pulpa de papel, decoloración de tintes sintéticos, biorremediación, biosensores, industria alimentaria y cervecera e industrias petroquímicas (Upadhyay, Shrivastava y Agrawal, 2016). La inmovilización enzimática es un método biotecnológico que ayuda a la reducción de costos, además proporciona una separación fácil de la enzima del producto, por lo que la contaminación del producto con proteínas se minimiza o evita por completo (Mohamad, Marzuki, Buang, Huyop y Wahab, 2015).

La tecnología de fermentación de estado sólido (SSF) se está expandiendo con una importancia creciente para la producción de productos de alto valor añadido, por ejemplo, enzimas, a partir de subproductos agroindustriales (Darabzadeh, Hamidi-Esfahani y Hejazi, 2018). Sin embargo, las aplicaciones industriales de las enzimas siguen siendo controvertidas debido a su escasa estabilidad y dificultad de recuperación del medio de reacción cuando está soluble (Choi, Han y Kim, 2015). Las enzimas a menudo inmovilizadas sobre soportes sólidos con el fin de simplificar su recuperación del producto final, repetir el uso de enzima y mejorar la estabilidad operativa en una amplia gama de condiciones de reacción (Tielmann, Kierkels, Zonta, Ilie y Reetz, 2015). Las partículas magnéticas pueden ser una mejor opción en la inmovilización de enzimas debido a la separación magnética más fácil y generalmente evita la pérdida de partículas. Además, poseen alta resistencia mecánica, buena estabilidad térmica, resistencia contra degradación química y microbiana (Ghadi *et al*., 2015). Estos soportes son atractivos para los procesos de inmovilización enzimática, poseen características ideales para equilibrar los factores principales que determinan la eficiencia de biocatalizadores (Cipolatti *et al.*, 2016). El desarrollo de productos biotecnológicos va en aumento en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, debido a que proporcionan una alternativa innovadora y ecológica. El objetivo de este trabajo es evaluar la degradación de colorantes, mediante el uso de agregados multienzimáticos inmovilizados en un soporte magnético con quitosano, así como la caracterización parcial del sistema.

Metodología

Propagación y mantenimiento de la cepa.

La cepa fúngica *Fomes* sp. EUM1 (Colección de Cultivos de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa) se propagó y mantuvo en agar con extracto de malta y levadura (extracto de malta 40 g/L, extracto de levadura 3 g/L, agar 15 g/L).

Fermentación en estado sólido (FES).

La FES se llevó a cabo en matraces Erlenmeyer que contenían 1 g de rastrojo de maíz, 2 g de cáscara de café y 6 mL de agua destilada, previamente esterilizados. Se inocularon con cinco discos de agar micelio de *Fomes* sp. EUM1 y se incubaron a 30 °C en una cámara húmeda durante 11 días.

Producción del extracto crudo enzimático.

Para la producción del extracto crudo enzimático (ECE) cada matraz se agitó

mecánicamente a 150 rpm durante 4 horas con 20 mL de amortiguador de fosfatos 0.1 M pH 5, posteriormente la fase acuosa se filtró y se centrifugó (4,400 rpm, 15 min) desechando la biomasa. El extracto obtenido se congeló hasta su uso y análisis.

Determinación de la actividad enzimática y cuantificación de proteínas.

La actividad de lacasa se determinó por espectrofotometría usando 2,2-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) (Méndez *et al.,* 2018). La cuantificación de proteína soluble se realizó mediante la metodología de Bradford (1976).

Síntesis, inmovilización y caracterización de nanopartículas magnéticas con quitosano.

La síntesis de las partículas magnéticas revestidas con quitosano se preparó mediante coprecipitación *in situ* de sales de hierro (Fe_3O_4) de acuerdo con Díaz-Hernández *et al.* (2018).

Inmovilización de la enzima en el soporte.

La reacción de inmovilización se llevó a cabo suspendiendo 300 mg de Fe_3O_4@Quitosano en una solución de 300 µL de ECE, 600 µL de amortiguador citrato-fosfato para valores de pH de 3 a 9. Se retículo con genipino al 0.1 % p/v en tampón de fosfato 50 mM pH 4.5. La mezcla de reacción se agitó en vórtex cada 10 minutos durante una hora a temperatura ambiente (20 ± 3 °C), esta se separó por magnetismo, se lavó con etanol al 35% v/v por triplicado y se secaron en desecador. La inmovilización se hizo tanto en lacasa comercial como en ECE. La cantidad de proteína soluble inmovilizada en el compuesto de magnetita (Fe_3O_4@Quitosano@Enzimas) se determinó restando la concentración final de proteínas a la inicial de las enzimas en el medio de inmovilización. Se consideró el 100 % de proteína a la concentración inicial de lacasa en la solución antes de la inmovilización. El contenido de proteína se midió usando el ensayo de proteína de Bradford con albúmina de suero bovino como estándar.

Se determinó el efecto tanto de la temperatura como el pH en la actividad lacasa comercial inmovilizada, libre y del ECE inmovilizado en un rango de 30 a 80 °C (en intervalos de 10 °C) a un pH constante y mediante la incubación en el amortiguador correspondiente para valores de 3 a 9 a una temperatura constante.

Determinación de la eficiencia del soporte.

La eficiencia en la decoloración de las muestras de residuos colorantes se determinó al comparar la concentración inicial del colorante Sudan II a 600 ppm en modo por lote, antes y después del tratamiento mediante espectrometría UV-VIS. El sistema de tratamiento consistió en un biorreactor de tanque agitado continuo donde se ensayarán diferentes velocidades de flujo y cantidad del soporte Fe_3O_4@Quitosano@Enzimas.

Resultados

Durante 10 días se midió la actividad de lacasa del extracto crudo enzimático de la FES en cascara de café con rastrojo de maíz. El primer día de fermentación se obtuvo una producción de lacasa de 0.282 U/g y aumentó hasta alcanzar su máximo el día 7 con 5.9 U/g, esta actividad fue disminuyendo hasta el día 10.

Se comprobó la capacidad magnética de las nanopartículas recubiertas con quitosano mediante un imán de neodimio de 1.2 T. El rendimiento de los sólidos de la reacción de síntesis se determinó multiplicando por cien la relación en peso de sólidos finales con los iniciales (% p/p), obteniendo un valor promedio de 40 %.

Se hizo la inmovilización a diferentes valores de pH (3 a 9), siendo 7 y 8 los que presentaron mayor porcentaje de inmovilización con 79.7 % y 80.1 % respectivamente. Las condiciones de pH donde se obtuvo la máxima retención de proteína soluble por el soporte fueron las utilizadas en los posteriores ensayos de inmovilización enzimática.

La actividad máxima de la lacasa comercial inmovilizada a pH 6 fue de 11. 6 U/mg y a pH más básicos no se registró actividad. La lacasa inmovilizada presentó actividad a valores más ácidos de pH, a comparación de la lacasa libre en la que se observó actividad catalítica en un rango más amplio de valores de pH (3 a 7). A partir de esto, se hace la observación de que la actividad catalítica del extracto enzimático inmovilizado muestra una actividad hacia valores ácidos de pH. La mayor actividad de lacasa se da en un valor de pH 3 con 1.83 U/g y muestra una reducción de su actividad en valores más cercanos al neutro con una pérdida del 51.1 % en un pH de 4 y del 95 % a pH 5. En valores básicos de pH muestra una pérdida total de la actividad, similar a lo ocurrido con la lacasa comercial libre e inmovilizada.

La temperatura influye en la oxidación del ABTS ya que la actividad de lacasa aumentó proporcionalmente a la temperatura, obteniendo una actividad máxima de 76.5 y 366 U/g a 50 °C para lacasa libre e inmovilizada, respectivamente. De acuerdo con estos resultados se puede observar que Fe_3O_4@Quitosano@lacasa muestra un menor efecto negativo en su actividad a comparación con la enzima libre. En cuanto al efecto de la temperatura en la enzima, la temperatura óptima de catálisis no se modifica por la inmovilización ya que en ambos casos es de 50 °C, pero sí mejora su actividad al estar inmovilizada, manteniendo su actividad a temperaturas de 30 a 70 °C. El ECE libre y Fe_3O_4@Quitosano@ECE mostraron su máxima actividad de lacasa de 60 y 50 °C, respectivamente, coincidiendo con la temperatura de máxima actividad de lacasa en la enzima comercial inmovilizada que fue de 50 °C. La enzima libre muestra una menor actividad catalítica comparada con la enzima inmovilizada respecto a la temperatura. La inmovilización no tuvo un efecto significativo sobre la temperatura de máxima actividad de lacasa.

El potencial de degradación de colorantes azo de la lacasa comercial antes y después de la inmovilización igual que del ECE fue evaluado con el colorante Sudan II. Se tomaron las condiciones de máxima unión de proteína al soporte y de actividad para cada uno de los tratamientos y se midió la reducción de la absorbancia con respecto al tiempo. A los 30 minutos de reacción se observó un 30 y 52 % de degradación en el colorante Sudán II (600 ppm) usando ECE libre e inmovilizado, respectivamente. En cuanto a la lacasa comercial se observó un porcentaje de degradación del 47 % para la lacasa libre y de 52 % para la inmovilizada. En ambos casos tanto para la enzima comercial como para el ECE los porcentajes de degradación son mayores al estar inmovilizadas.
El ECE inmovilizado (Fe_3O_4@Quitosano@ECE) tuvo un porcentaje de degradación del 70 % y la lacasa comercial inmovilizada (Fe_3O_4@Quitosano@Lacasa) de 67 % a las 24 horas. Lo anterior demuestra la efectividad de la producción de enzimas lignolíticas mediante la FES usando residuos agroindustriales como sustrato y su potencial de degradación es comparable al de lacasa comercial.

Discusión y conclusiones

Tomando en cuenta que en los cultivos microbianos al final de la fase de crecimiento primario inician la síntesis de metabolitos secundarios, se determinó el tiempo de máxima producción de enzimas lignolíticas (lacasa). Los resultados de máxima actividad se dieron el día 7 con 5.9 U/g, lo cual concuerda con lo reportado por Méndez *et al*. (2018) quienes obtuvieron una máxima producción de lacasa el día 7 de 4.2 U/g utilizando rastrojo de maíz como sustrato. Existen reportes de actividad de lacasa con *Fomes* sp. EUM1 desde el día 3 de cultivo (Méndez *et al*., 2018). Lo cual indica que la producción de lacasa en algunos hongos ocurre durante el crecimiento micelial, por lo que el tiempo de la fermentación es un factor importante considerado. Distintos autores han reportado una gran variedad de actividad de lacasa con respecto al tiempo en distintos sustratos como por ejemplo Jaber, Shah, Asa'ari y Ariff (2017) con una

actividad de lacasa de 5.8 U/mL utilizando virutas de madera con *Trichoderma murioiana*. La producción de lacasa en cortos tiempos de fermentación son una característica deseable ya que se reduce el riesgo por contaminación de otros hongos de lento crecimiento (Castro, Castilho y Freire, 2015). El rendimiento de los sólidos de la reacción de síntesis fue de un valor promedio de 40 % en comparación con 57.4 % que fue lo obtenido por Díaz-Hernández *et al.* (2018) utilizando la misma metodología de síntesis y donde se observa una reducción en el rendimiento del 30.7 %.

Los pH 7 y 8 fueron los óptimos en la inmovilización debido a que el mecanismo de reacción entre el genipino y los grupos aminos depende en gran manera del pH, teniendo un amplio rango (4.0 a 10.5) donde la reacción se puede llevar a cabo, proporcionando rendimientos altos a valores óptimos de 7.4 a 8.5 (Tokareva, Ivantsova y Mironov, 2017). En lo reportado por Díaz-Hernández *et al.* (2018) bajo la misma metodología de inmovilización enzimática se lograron porcentajes de 67 % para una xilanasa y celulasa, lo cual es similar a lo que se obtuvo en este trabajo inmovilizando lacasa. El genipino exhibe una alta reactividad hacia los grupos amino, puede usarse incluso cuando haya pocos grupos a lo largo de la cadena del polímero, lo que permite realizar el acoplamiento de los grupos amino que pueden estar unidas covalentemente o no covalentemente a la cadena de polisacáridos (Tokareva *et al*., 2017).

La elección de pH permite controlar la estructura de los productos reticulados donde a valores bajos de pH da como resultado la formación de moléculas más pequeñas de genipino unido, mientras que a condiciones más básicas se puede lograr la oligomerización. La alta reactividad del genipino con los grupos amino se ha utilizado como agente espaciador y como reticulante, donde los rendimientos de ambos procesos han alcanzado porcentajes de 54 y 80 % respectivamente (Tokareva *et al*., 2017).

Una de las desventajas de la inmovilización mediante enlace covalente es la posibilidad de la desactivación de las enzimas o lo que ha sido llamado "dilución de actividad", debido a la introducción de grupos no catalíticos conformados por los enlaces formados al momento de la inmovilización (Lima *et al*., 2017). Estas desventajas también aplican en el caso de la enzima comercial libre e inmovilizada, así como del ECE inmovilizado, ya que se observa una menor actividad a pH básicos, pues la actividad catalítica de la mayoría de las lacasas fúngicas es máxima en condiciones ácidas de pH como ha sido reportado anteriormente (Amin, Khorshidi, Shojaei, Rezaei, y Faramarzi, 2018). Sin embargo, es importante mencionar que la mayor parte de la inmovilización covalente mencionada, en algunos casos pueden alterar negativamente la conformación de la enzima, lo que lleva a una disminución de su actividad (Alshabib y Onaizi, 2019).

Estos resultados muestran que la inmovilización de lacasa tanto comercial como del ECE en un soporte de Fe_3O_4@Quitosano brinda un efecto protector y estabilizador sobre la desnaturalización por calor e indujo una actividad mejorada dentro del rango de temperatura probados. Sin embargo, temperaturas superiores a 70 °C dieron una clara reducción de la actividad debido a la desnaturalización enzimática. La mejora de la estabilidad térmica de la enzima puede explicarse por su movilidad conformacional reducida al estar unida covalentemente (Amin *et al*., 2018), resultando en una mayor estabilidad para la desnaturalización térmica.

El ECE inmovilizado (Fe_3O_4@Quitosano@ECE) tuvo un porcentaje de degradación del 70 % y la lacasa comercial inmovilizada (Fe_3O_4@Quitosano@Lacasa) de 67 % a las 24 horas. De igual forma Ma, Meng, Cui, Si y Dai en 2018 inmovilizaron lacasa en esferas de quitosano reticuladas con genipino y obtuvieron porcentajes de degradación del 77 % para el colorante Negro ácido

172 a las 96 horas de incubación. Los porcentajes de degradación del colorante son mayores cuando la enzima está inmovilizada y esto se puede deber a que los enlaces covalentes formados por la reticulación de enzimas con el soporte de Fe_3O_4@Quitosano restringen la movilidad de la enzima protegiéndola de la desnaturalización. Fernandes, Daniel-da-Silva, Tavares y Xavier (2018) obtuvieron porcentajes de degradación de 44 y 35 % para lacasa inmovilizada en nanopartículas magnéticas y lacasa libre respectivamente, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. Sharma, Dangi y Shukla (2018) mencionan que la diversidad en las estructuras químicas de los colorantes podría resultar en la diferencia de las eficiencias de degradación hacia ellos.

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la enzima inmovilizada, tanto comercial como del ECE, proporciona mejores características que las conocidas y obtenidas de la enzima libre, no generando gran cambio entre el origen comercial o del extracto crudo; la actividad del extracto crudo inmovilizado de lacasa de *Fomes* sp. EUM1 demostró actividades parecidas a la lacasa comercial, generando un biocatalizador estable con potencial para la degradación de colorantes, proporcionando además, bajos costos. Adicionalmente las enzimas mostraron tener una mayor estabilidad térmica al estar inmovilizadas en comparación con las enzimas libres.

El sistema ensayado en este trabajo puede ser aplicado para la degradación de colorantes químicos utilizados en la facultad de química, proporcionando a la UAQ una alternativa propia y amigable con el ambiente, para el desecho de sus reactivos colorantes.

Referencias bibliográficas

Alshabib, M., & Onaizi, S. A. (2019). A review on phenolic wastewater remediation using homogeneous and heterogeneous enzymatic processes: Current status and potential challenges. *Separation and Purification Technology*, 219, 186-207. Doi: 10.1016/j.seppur.2019.03.028

Amin, R., Khorshidi, A., Shojaei, A. F., Rezaei, S., & Faramarzi, M. A. (2018). Immobilization of laccase on modified Fe3O4@ SiO2@ Kit-6 magnetite nanoparticles for enhanced delignification of olive pomace bio-waste. *International Journal of Biological Macromolecules*, *114*, 106-113. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.03.086

Belpaire, C., Reyns, T., Geeraerts, C., & Van Loco, J. (2015). Toxic textile dyes accumulate in wild European eel *Anguilla anguilla*. *Chemosphere*, *138*, 784-791. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.08.007

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72* (1-2), 248-254. Doi: 10.1016/0003-2697(76)90527-3

Castro, A. M., Castilho, L. R., & Freire, D. M. (2015). Performance of a fixed-bed solid-state fermentation bioreactor with forced aeration for the production of hydrolases by *Aspergillus awamori*. *Biochemical Engineering Journal*, *93*, 303-308. Doi: 10.1016/j.bej.2014.10.016

Cipolatti, E. P., Valerio, A., Henriques, R. O., Moritz, D. E., Ninow, J. L., Freire, D. M., & de Oliveira, D. (2016). Nanomaterials for biocatalyst immobilization–state of the art and future trends. *RSC Advances*, *6*(106), 104675-104692. Doi: 10.1039/C6RA22047A

Choi, J. M., Han, S. S., & Kim, H. S. (2015). Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects. *Biotechnology Advances*, *33*(7), 1443-1454. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.02.014

Darabzadeh, N., Hamidi-Esfahani, Z., & Hejazi, P. (2018). Improvement of cellulase production and its characteristics by inducing mutation on *Trichoderma reesei* 2414 under solid state fermentation on rice by-products. *Applied Food Biotechnology*, *5*(1), 11-18. Doi: 10.1002/fsn3.852

Díaz-Hernández, A., Gracida, J., García-Almendárez, B. E., Regalado, C., Núñez, R., & Amaro-Reyes, A. (2018). Characterization of magnetic nanoparticles coated with chitosan: A potential approach for enzyme immobilization. *Journal of Nanomaterials*, *2018*. Doi: 10.1155/2018/9468574

Fernandes, R. A., Daniel-da-Silva, A. L., Tavares, A. P., & Xavier, A. M. (2017). EDTA-Cu (II) chelating magnetic nanoparticles as a support for laccase

immobilization. *Chemical Engineering Science*, *158*, 599-605. Doi: 10.1016/j.ces.2016.11.011

Ghadi, A., Tabandeh, F., Mahjoub, S., Mohsenifar, A., Roshan, F. T., Alavije, R. S. (2015). Fabrication and characterization of core-shell magnetic chitosan nanoparticles as a novel carrier for immobilization of *Burkholderia cepacian* lipase. *Science*, *64*(4), 423-430.

Jaber, S. M., Shah, U. K. M., Asa'ari, A. Z. M., & Ariff, A. B. (2017). Optimization of laccase production by locally isolated *Trichoderma muroiana* IS1037 using rubber wood dust as substrate. *BioResources, 12*(2), 3834-3849. Recuperado de https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_12_2_3834_Jaber_Optimization_Laccase_Production_Trichoderma

Lima, J. S., Araújo, P. H., Sayer, C., Souza, A. A., Viegas, A. C., & de Oliveira, D. (2017). Cellulase immobilization on magnetic nanoparticles encapsulated in polymer nanospheres. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, *40*(4), 511-518. Doi: 10.1007/s00449-016-1716-4

Ma, H. F., Meng, G., Cui, B. K., Si, J., & Dai, Y. C. (2018). Chitosan crosslinked with genipin as supporting matrix for biodegradation of synthetic dyes: Laccase immobilization and characterization. *Chemical Engineering Research and Design*, *132*, 664-676. Doi: 10.1016/j.cherd.2018.02.008

Méndez-Hernández, J. E., Loera, O., Méndez-Hernández, E. M., Herrera, E., Arce-Cervantes, O., Soto-Cruz, N. Ó. (2018). Fungal pretreatment of corn stover by *Fomes* sp. EUM1: Simultaneous production of readily hydrolysable biomass and useful biocatalysts. *Waste Biomass Valori. 10*(9), 2637-2650. Doi: 10.1007/s12649-018-0290-1

Mohamad, N. R., Marzuki, N. H. C., Buang, N. A., Huyop, F., & Wahab, R. A. (2015). An overview of technologies for immobilization of enzymes and surface analysis techniques for immobilized enzymes. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, *29*(2), 205-220. Doi: 10.1080/13102818.2015.1008192

Tielmann, P., Kierkels, H., Zonta, A., Ilie, A., & Reetz, M. T. (2015). Increasing the activity and enantioselectivity of lipases by sol–gel immobilization: further advancements of practical interest. *Nanoscale*, *6*(12), 6220-6228. Doi: 10.1039/c3nr06317h

Tokareva, M. I., Ivantsova, M. N., & Mironov, M. A. (2017). Heterocycles of natural origin as non-toxic reagents for cross-linking of proteins and polysaccharides. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, *53*(1), 21-35. Doi: 10.1007/s10593-017-2016-x

Upadhyay, P., Shrivastava, R., & Agrawal, P. K. (2016). Bioprospecting and biotechnological applications of fungal laccase. *3 Biotech*, *6*(1), 15. Doi: 10.1007/s13205-017-1054-5

Sharma, B., Dangi, A. K., & Shukla, P. (2018). Contemporary enzyme-based technologies for bioremediation: a review. *Journal of Environmental Management*, *210*, 10-22. Doi: 10.1016/j.jenvman.2017.12.075

PRODUCCIÓN DE CERVEZA CON BAJO GRADO ALCOHÓLICO POR ELECTRO-FERMENTACIÓN

Núñez-Rodríguez, L., Marcial-Ramírez, D., Negrete-Morales, P. y Amaro-Reyes, A.
Universidad Autónoma de Querétaro, C.U. s/n Col. Las Campanas. Querétaro, Qro. 76010 México.
laris2799@gmail.com
dianamarel1306@outlook.com,
paulinavivian@gmail.com,
aldo.amaro@uaq.edu.mx

Resumen

Actualmente, los consumidores de bebidas alcohólicas optan por aquellas que tengan un grado alcohólico menor, ya que el consumo moderado de etanol provoca cambios favorables en biomarcadores cardiovasculares. Tal es la relevancia de estas bebidas, que actualmente existen diferentes métodos para su producción, sin embargo, una de las principales desventajas es la modificación de sus propiedades aromáticas. Es por ésto, que el objetivo del presente trabajo fue la producción de cerveza con bajo contenido alcohólico mediante electrofermentación, donde se probaron tres electrodos (grafito , acero inoxidable y titanio) con diferentes voltajes (0, 15 y 30 V), para conocer su impacto en la fermentación. Se logró un menor rendimiento de etanol con el tratamiento de grafito con 15 V, además el perfil aromático no presentó diferencias relevantes al comparar con la FT. La electrofermentación con electrodos de grafito y 15 V, es un método eficaz para la producción de cerveza con bajo grado alcohólico.

Palabras clave: Perfil aromático, óxido-reducción, rendimiento etanol, electrodos.

Summary

Currently, consumers of alcoholic beverages prefer those with a lower alcohol content, since ethanol moderate consumption causes favorable changes in cardiovascular biomarkers. Such is the relevance of these drinks that nowadays there are different methods for their production. However, one of the main disadvantages is the modification of their flavor and aromatic properties. Known this, the aim of the present work was the low alcohol beer production by electrofermentation, we used three electrodes: graphite, stainless steel, and titanium with different voltages (0, 15, and 30 V) to know its impact on fermentation. The lower ethanol yield was achieved with the graphite treatment with 15 V, besides, the aromatic profile did not present relevant differences when compared with the FT. Electrofermentation with graphite electrodes and 15 V is an effective method for low alcohol beer production.

Keywords: Aromatic profile, oxide-reduction, ethanol yield, electrodes.

Introducción

La Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017 define a la cerveza como una bebida alcohólica fermentada elaborada con malta, lúpulo, levadura y agua potable. A partir del 2014, la cerveza es la segunda bebida alcohólica más consumida en el mundo (Pilarski, 2019). Las bebidas alcohólicas son una parte rutinaria del panorama social y en este contexto, es fácil pasar por alto el daño social y de salud al que contribuye la bebida (ONU, 2020). Actualmente, los consumidores optan por bebidas bajas en alcohol ya que buscan evitar la intoxicación y la embriaguez. En consecuencia, las bebidas como la cerveza con bajo grado alcohólico de 1.2 % de alcohol por volumen o menos (BGA), a menudo se perciben como una forma de reducir

el riesgo de daños a la salud relacionados con el alcohol. Esto ha impulsado el mercado de bebidas BGA y alternativas sin alcohol (Bucher, 2018).
Investigaciones muestran que puede haber un efecto beneficioso en el consumo relativamente bajo de alcohol ya que el etanol, componente común a todas las bebidas alcohólicas, se asocia con cambios favorables en varios biomarcadores cardiovasculares, como niveles más altos de colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad y adiponectina, y una concentración más baja de fibrinógeno y otros factores hemostáticos (Snopek, 2018).

Dicho esto, para la producción de cerveza BGA, existen métodos que buscan inhibir la formación de alcohol durante la fermentación (biológicos) o eliminarlo posterior a ésta (físicos). Los métodos biológicos consisten en modificar las condiciones físicas de la fermentación para limitar a la levadura o, como nueva tendencia, el uso de levaduras no convencionales o modificadas genéticamente (Liguori et al., 2018). Sin embargo, los procesos de obtención de cervezas no alcohólicas de una forma u otra terminan dañando su aroma y sabor por la pérdida de compuestos volátiles, siendo este un gran desafío para todas las cervecerías (Iglesias, 2015).

Las fermentaciones han desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia. Sin embargo, las reacciones óxido reductoras del metabolismo durante la fermentación suelen ser desequilibradas y tienen varias limitaciones termodinámicas que impactan en la productividad y rendimiento (Schievano et al., 2016). Los sistemas bioelectroquímicos pueden ser utilizados para modificar el potencial óxido reductor extracelular mediante el suministro o la recolección de energía en forma de una corriente eléctrica con el uso de electrodos, este proceso es conocido como electrofermentación (Moscoviz et al., 2016). Además de mantener el equilibrio óxido reducción celular, puede optimizar la producción de productos microbianos, así como redirigir el metabolismo (Das et al., 2017). El objetivo del presente trabajo es la producción de cerveza con bajo grado alcohólico mediante electrofermentación y la evaluación del perfil aromático.

Metodología

Materiales

Se usó la cepa *S. pastorianus* SAFLAGER S-23 (Lesaffre, Francia). Para el pre-inóculo se tomó una colonia en agar YPD (g / L: 10 extracto de levadura; 20 peptona de caseína; 20 glucosa; 15 agar base; pH 5.0) y se transfirió en 100 mL de medio YPS (g / L: 10 extracto de levadura; 20 peptona de caseína; 20 sacarosa; pH 5.0), se incubó por 24 h a 30 °C, 150 rpm y pH 5.0. Posteriormente se midió la absorbancia con un espectrofotómetro (iMarkTM Microplate reader, Estados Unidos) a una longitud de onda de 595 nm, hasta alcanzar valores de 0.5–0.8. La curva de crecimiento de *S. pastorianus* SAFLAGER S-23 se determinó en 250 mL de medio YPS a 150 rpm, 30 °C y pH 5.0, hasta alcanzar una densidad celular de 1 g / L, después las células fueron centrifugadas a 5,000 g durante 15 minutos. La materia prima consistió en dos tipos de malta; Pilsner (Avangard, Alemania) y Caramel 20L (Briess Malt & Ingredients, EE.UU.), ambas pertenecen a la especie *H. distichum.* Los lúpulos utilizados fueron Tettnager y Perle.

Maceración y cocción del mosto

La preparación del mosto (g / L: 200 Pilsner; 30 Caramelo 20L, 1.9 Tettnager; 0.9 Perle) requirió la trituración de los granos de cebada y tamizado en malla # 30 (apertura 0.595 nm) y se colocó en bolsa muselina. Se colocó en un recipiente con agua destilada y se llevó a 60-70 °C durante una hora. Transcurrido el tiempo, se escurrió la bolsa en condiciones asépticas, se llevó a hervor y se añadió el lúpulo manteniéndose por 90 minutos más. Terminado el tiempo el mosto se enfrió

colocándolo en una tina con hielos y se coló. Antes de colocarlo en un envase estéril se verificó que los ° Brix estuvieran en un rango de 7.5 -8.

Diseño experimental

El sistema de electrofermentación mostrado en la Figura 1 fue diseñado a partir de un modelo modificado del reportado por Mathew *et al.* (2015). La unidad experimental consistió en el sistema de electrofermentación compuesto por un recipiente de polipropileno de 5.2 x 7.5 x 5 cm de volumen cubierto por cables de cobre, con 100 mL de mosto, el inóculo de levadura SAFLAGER S-23 y un electrodo suspendido de la tapa del recipiente. Los electrodos y cables de cobre se conectaron a través de una fuente de poder con voltaje en corriente continua modelo GPS-3030DD y un amperímetro (Mut-33, Truper, China).

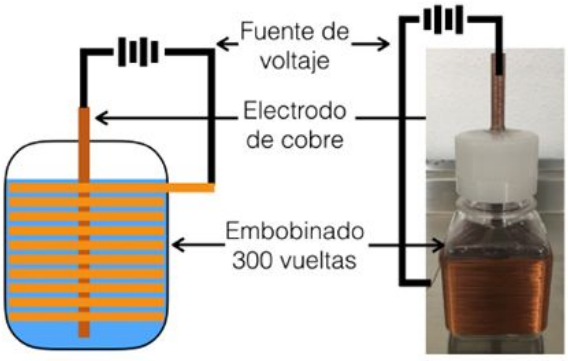


Figura 1. Diseño del sistema de electrofermentación empleado.

Los tratamientos se realizaron en base a un diseño experimental factorial de 3^2 con triplicado. Se evaluaron los voltajes (0, 15, 30 V) para obtener la menor concentración de etanol. Posteriormente se cambió el electrodo; acero inoxidable (AI), grafito (G) y Titanio (T). para evaluar su efecto en la cantidad de etanol que se produjo. El control consistió en una fermentación tradicional (FT) sin voltaje y sin electrodos en el mismo reactor.

Espectrofotometría

La cuantificación de biomasa consistió en una curva de calibración relacionando la densidad óptica (DO) con el peso seco usando la metodología reportada por Muñoz y Catrilaf (2013). Se recolectaron 12 mL de muestras cada 8 horas por 80 horas, y se mantuvieron a las mismas condiciones de fermentación. 2 mL se diluyeron 1:10 y se midió a DO_{600} en el espectrofotómetro con una microplaca de 96 pozos. Para la obtención del peso seco, 10 mL se centrifugaron a 10,000 rpm por 10 minutos a 4 °C y se eliminó el sobrenadante, la pastilla celular se lavó con PBS salino tres veces y se resuspendió en 300 uL de agua destilada, se sometieron a 60 ºC y se llevaron a peso constante. Se registró el peso como g / L.

Cuantificación de azúcares reductores (AR)

El mosto fermentado se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 minutos a 4 °C. El sobrenadante se cuantificó por el método de ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959). La concentración de AR se calculó usando curvas estándar y se expresó en g $_{\text{glucosa reducida}}$ / L.

Cuantificación de etanol

El mosto fermentado se centrifugó (10,000 rpm por 10 minutos a 4 °C). Se realizó la extracción líquido-líquido del etanol con tributil fosfato. El etanol se cuantificó por el método de oxidación de acuerdo con el método reportado por Seo, *et al*. (2009). La concentración de etanol se calculó mediante curvas estándar y se expresó en g $_{\text{etanol}}$ / L.

Cromatografía de gases:

Las muestras de los tratamientos se descongelaron a 4 ºC. Se utilizó la técnica SPME acoplado a GC-MS. El GC-MS se realizó en un GC HP 7890A serie II (Agilent Techologies, Inc., Wilmington, DE, EE. UU.) acoplado a un espectrómetro de masas (HP 5975C, Agilent Techologies, Inc.). Se usó una fibra recubierta DVB/CAR/PDMS 50/30 µm (Supelco, Bellefonte, PA, EE. UU.). El gas portador fue helio (99,999%) con caudal de columna de 1,9 mL/min. La columna capilar HP-5 (50 m x 0,32 mm de diámetro, espesor de película

de 0,52 μm, Agilent Technologies, Inc.). Se usó un muestreador automático MPS2 (Multipurpose Ambler; Gerstel, Linthicum, MD, EE. UU.). La inyección de la muestra, así como la lectura de los datos fue obtenida de acuerdo a la metodología descrita por Vázquez Landaverde y Qian (2007).

Análisis estadístico

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y se reportaron como la media de los ensayos, de acuerdo a la prueba de Tukey para el primer objetivo y Dunnett para el segundo. La comparación de medias ($p< 0.05$ como el nivel mínimo significativo) se realizó mediante el software JMP (2019, Versión 14).

Resultados

Evaluación de sistema de electrofermentación

Se cuantificó la producción de etanol y la generación de biomasa para comparar el comportamiento de la levadura a las condiciones ya mencionadas. En la Figura 2, se muestran los resultados en términos de rendimiento de la fermentación con respecto a las 60 horas tanto de etanol, como biomasa. El factor con mayor efecto en el sistema fue el material del electrodo, ya que resultó ser altamente significativo ($\alpha=0.05$) en el 90 % de todos los análisis realizados.

Rendimientos en la producción de etanol

Los rendimientos de etanol correspondientes a AI (Fig. 2a) presenta los valores más altos, con 0.908 y 0.904 $g_{etanol} / g_{sustrato}$ después de 24 horas empleando los voltajes de 30 y 15 V, respectivamente, mientras que el tratamiento con 0 V, a la misma hora tiene un valor de 0.509 $g_{etanol} / g_{sustrato}$. El rendimiento con T (Fig. 2b) más alto corresponde a las 12 horas con 0 V, disminuyendo un 99 % a las 36 horas e incrementa de nuevo a las 48 y 60 horas obteniendo un valor final de 0.342 $g_{etanol} / g_{sustrato}$. Por el contrario, los rendimientos con 15 y 30 V aumentan gradualmente hasta obtener 0.289 $g_{etanol} / g_{sustrato}$. En cuanto a los electrodos de grafito (G), fueron los tratamientos con los menores rendimientos (Fig. 2c), presentando hasta un 95 % menos que el tratamiento más alto de AI. El tratamiento 30 V a las 12 h presentó el rendimiento más alto con 0.233 $g_{etanol} / g_{sustrato}$. No obstante, posterior a las 12 h, la generación de etanol disminuye y, posterior a esto, aumenta constantemente hasta alcanzar los 0.055 $g_{etanol} / g_{sustrato}$. A lo largo de la fermentación, los tratamientos con los electrodos de grafito no presentan diferencias significativas entre voltajes en todos los análisis realizados.

Rendimiento de la generación de biomasa

Los rendimientos más altos de biomasa correspondiente al tratamiento con AI, dónde el valor más alto fue de 0.107 $g_{biomasa} / g_{sustrato}$ con 30 V antes de las 30 horas (Fig. 2d). El T presentó los rendimientos más bajos de biomasa, obteniendo un promedio de 0.027 ± 0.04 $g_{biomasa} / g_{sustrato}$ (Fig. 2e). Por su parte, el electrodo G (Fig. 2f), muestra un aumento constante y estable, la mayor cantidad de biomasa producida fue aproximadamente 0.06 $g_{biomasa} / g_{sustrato}$ con 30 V antes de las 15 horas. Al igual que T, no hay diferencias significativas entre los diferentes voltajes. Estos resultados fueron obtenidos de manera complementaria para identificar si otras rutas metabólicas fueron modificadas.

Comparación con FT

Se comparó tanto el consumo de azúcares reductores como la generación de biomasa y generación etanol durante el mismo tiempo de fermentación. Para el análisis de estos tratamientos se realizó un análisis de medias por Dunnet ($a=0.05$), ya que el propósito de este objetivo fue la comparación entre la forma tradicional y la electrofermentación con electrodo de grafito que fue el electrodo con menores rendimientos. Con respecto a la generación de etanol (Figura 3 izquierda), las unidades experimentales tratadas con 0, 15 y 30 V parecen aumentar la concentración de etanol con mayor rapidez durante la mayor parte de la fermentación,

a comparación del control (FT). No obstante, en la hora 60 existe una disminución de los tratamientos 0, 15 y 30 V en un 26.3, 24.2 y 24.4 %, respectivamente, desde su punto máximo.

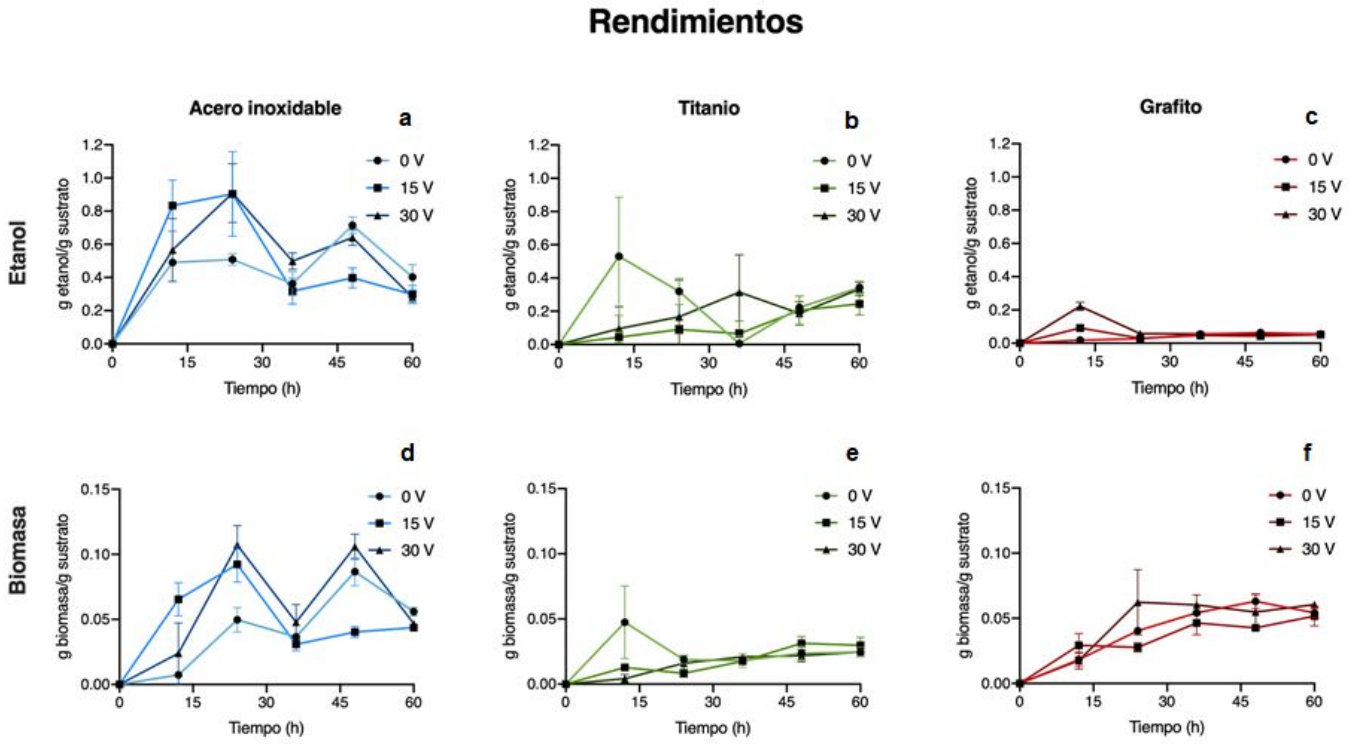


Figura 2. Rendimientos de etanol (**a, b** y **c**) y biomasa (**d, e** y **f**) usando *S. pastorianus* en mosto para cerveza tipo lager aplicando 0, 15 y 30 V con el uso de acero inoxidable, grafito y titanio como electrodo.

Como consecuencia, FT pudo superar la concentración de etanol en la última medición entre un 30 y 40 %. Al contrario que la producción de etanol, la generación de biomasa (Fig. 3 centro) y el comportamiento del consumo de los azúcares reductores (Fig. 3 derecha) el voltaje sí tiene un efecto significativo. Por un lado, en la generación de biomasa el efecto del voltaje es altamente significativo a partir de las 36 h. A partir de esta hora, hay un aumento significativo en la masa celular con un 110.7 %, 54.5 % y 67.3 % a las 36, 48 y 60 h, respectivamente. Mientras que en el consumo de azúcares reductores, el efecto del voltaje fue inmediato, ya que desde la primera medición el efecto fue significativo. El consumo fue mucho más rápido a comparación de FT, con una velocidad de consumo de 1.170, 2.259 y 1.208 g/L·h correspondiente a 0, 15 y 30 V, respectivamente, a comparación de 0.653 g / L·h de FT. Ésto es de gran relevancia, ya que estos valores representan un aumento en la velocidad de consumo entre 2 a 4 veces más rápido de lo normal. Coincidiendo con lo anterior, se observa (Fig. 3 derecha) que al tratamiento donde se aplicó 15 V agota los azúcares reductores a las 36 h, mientras que 0 y 30 V, los agotan hasta las 60 h. En este caso, todos los tratamientos fueron diferentes significativamente a FT.

Perfil aromático de los tratamientos seleccionados
Se eligieron los tratamientos G con 15 y 30 V para ser comparados en su perfil aromático con el control (FT). Esto se realizó por cromatografía de gases usando helio como gas transportador. En la Figura 4 se muestra el HeatMap de G.

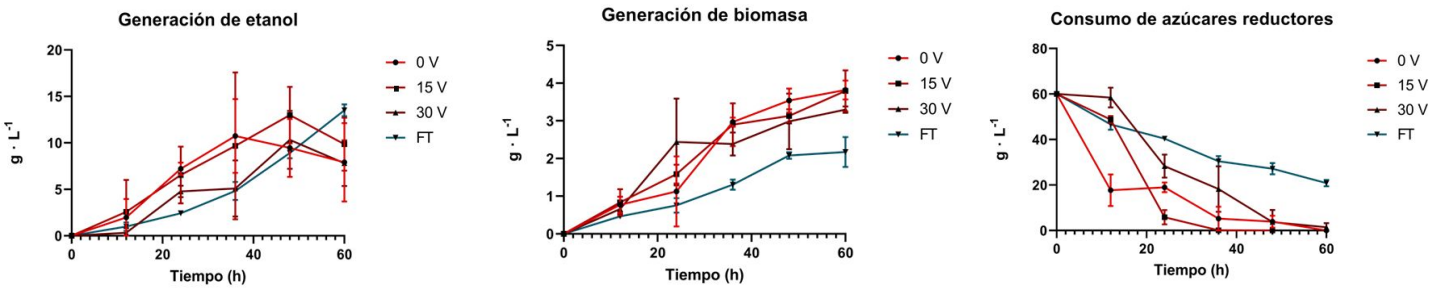


Figura 3. Comparación de la generación de etanol, generación de biomasa y consumo de azúcares reductores de los tratamientos del electrodo de grafito y una fermentación tradicional (FT)

Los compuestos en los tratamientos G se presentan de manera uniforme, siendo el caso de caprilato de etilo, alcohol isoamílico, fenilacetaldehído, sólo por mencionar algunas. Es importante notar que el alcohol está más presente en FT que en G 15 V, lo que va de la mano con los resultados previamente mostrados.

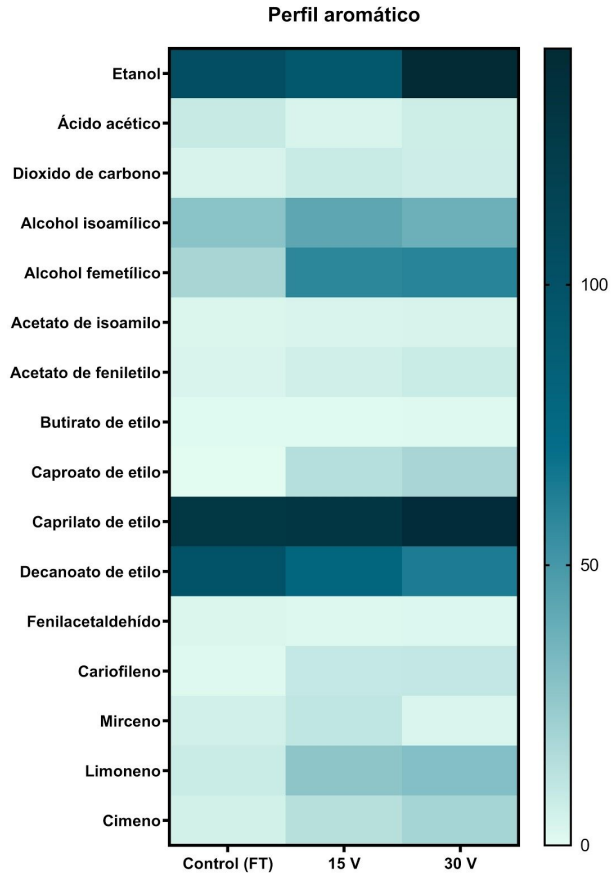


Figura 4. Comparación del perfil aromático del tratamiento con G y el control (FT).

Por otro lado, en la Figura 5 se muestran los compuestos divididos por grupos presentes en el tratamiento G y FT, se aprecia que en los tratamiento con G los alcoholes totales con 15 y 30 V son iguales entre sí y mayores que FT.

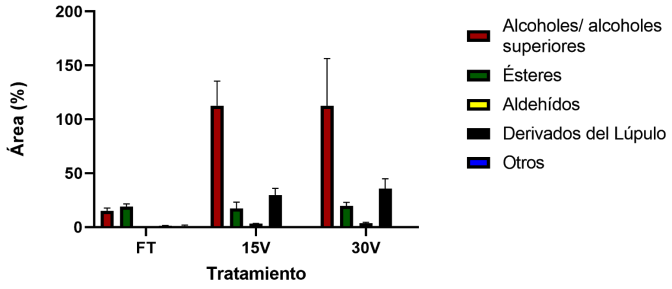


Figura 5. Grupos de compuestos volátiles presentes en tratamiento con G y en el control (FT).

Discusión y conclusiones

En ensayos publicados por Szollosi et al., (2016) mencionan la importancia del efecto del potencial eléctrico y la transferencia de electrones en este tipo de sistemas. En estudios realizados pudieron observar que un potencial eléctrico negativo de -0.75 a -10 V aumentaba la producción de etanol en *S. cerevisiae.* Resaltan que un potencial eléctrico muy elevado podría tener consecuencias en la levadura. Uno de ellos es acelerar el potencial óxido reducción, lo que puede ocasionar que haya bajo reciclamiento de los cofactores, causando que actividades metabólicas se vean limitadas. Ésto coincide con nuestros resultados, que como se observa, tanto el rendimiento de AI, T y G aumenta significativamente durante las primeras horas, infiriendo que el aumento de la generación de etanol se debe al metabolismo acelerado durante las primeras horas de la fermentación.

A diferencia de Mathew *et al.,* (2015) que reporta un aumento del 20 % en el rendimiento de etanol

usando glucosa como fuente de energía, los resultados obtenidos muestran que los electrodos de grafito, a comparación de otros materiales, fueron los que menor rendimiento tuvieron a 15 V. En efecto, al igual que 0 y 30 V, prácticamente no presentan diferencias significativas entre ellas a lo largo de las 60 horas de fermentación, sin embargo, se puede observar que sí hay diferencias significativas con respecto a los electrodos AI y T.

Por otro lado, el análisis de los componentes de la cerveza producida, se realizó mediante HS-SPME/GC–MS, combinado con técnicas de clasificación de modelos quimiométricos se desarrolló para caracterizar cervezas producidas en diferentes condiciones de proceso. Siendo fundamental la palatabilidad de esta bebida, algunos de los componentes encontrados como los grupos de ésteres se caracterizan a menudo por su propio sabor a fruta, por ejemplo, el octanoato de etilo y el decanoato de etilo se caracterizan por poseer "sabor a manzana"; mientras que el acetato de 3-metilbutilo se caracteriza por una nota de "sabor a plátano". Los ácidos carboxílicos responsables de olores particulares (frutas, queso, grasa) contribuyen al amargor, la astringencia y la rancidez. El ácido octanoico (o ácido caprílico), por ejemplo, contribuye a dar sabor a las bebidas alcohólicas con notas rancias. El β-linalol y el β-mirceno son terpenoles particularmente importantes como odorantes florales en el lúpulo (Giannetti *et al,.* 2019). De esta manera es evidente la compleja composición de la cerveza con bajo grado alcohólico producida, que puede resultar agradable para muchos consumidores.

Podemos concluir que la electrofermentación es una metodología nueva con múltiples aprovechamientos, como para la producción de cerveza con bajo grado alcohólico. El tratamiento con electrodo de grafito y aplicando un voltaje de 15 V fue el que mostró mejores resultados, logrando disminuir un 30 % la producción de etanol en comparación con la fermentación tradicional en la hora 60. Además el perfil aromático no presenta cambios significativos.

Referencias

Andrés-Iglesias, C., Montero, O., Sancho, D. & Blanco, CA (2015). Nuevas tendencias en el análisis de compuestos aromáticos de cerveza. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, 95 (8), 1571-1576. http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6905 . PMid: 25205443.

Brányik, T., Silva, D., Baszczyňski, M., Lehnert, R., & Almeida e Silva, J. B. (2012). A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. *Journal of Food Engineering*, 108(4), 493–506.

Bucher, T., Deroover, K., & Stockley, C. (2018). Low-Alcohol Wine: A Narrative Review on Consumer Perception and Behaviour. *Beverages*, 4(4), 82. doi: 10.3390/beverages4040082

Das, A., Patel, K. & Shivram, R. (2017). Electro Fermentation: A Novel Approach in Fermentation Technology - A Review. *International Journal of Advanced Engineering and Research Development.* 4(9): 358-360

Gallegos-Almanza, I. (2018). Sistema de electrofermentación para la producción de bioetanol. Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro.

Giannetti, V., Boccacci Mariani, M., Torrelli, P., & Marini, F. (2019). Flavour component analysis by HS-SPME/GC–MS and chemometric modeling to characterize Pilsner-style Lager craft beers. *Microchemical Journal*, 149, 103991. doi:10.1016/j.microc.2019.103991

Liguori, L., Russo, P., Albanese, D. & Di Matteo, M. (2018). Production of Low-Alcohol Beverages: Current Status and Perspectives. In Food Processing for Increased Quality and Consumption; *Elsevier*: Amsterdam, The Netherlands; pp. 347–382.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*. 31(3):426–428.

Moscoviz, R., Toledo-Alarcón, J., Trably, E. & Bernet, N. (2016) Electro-fermentation: how to drive fermentation using electrochemical systems, *Trends Biotechnol 110*.Available from: https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.04.009.

Muñoz, M. y Catrilaf, G. (2013) Estimación de parámetros cinéticos de *Saccharomyces cerevisiae* en sistema de fermentación Batch bajo distintas condiciones de crecimiento. Universidad Tecnológica de Chile. Santiago, Chile.

Organización de las Naciones Unidas. (2020). Harm use for alcohol. Recuperado 24 de noviembre 2020. Disponible en: https://www.who.int/health-topics/alcohol#tab=tab_1

Pilarski, D. W., & Gerogiorgis, D. I. (2019). Progress and modelling of cold contact fermentation for alcohol-free beer production: a review. *Journal of Food Engineering,* 109804. doi:10.1016/j.jfoodeng.2019.109804

Schievano, A., Sciarra, T., Vanbroekhoven, K., De Wever, S., Puig, S & Andersen, J. (2016)

Electro-fermentation merging electrochemistry with fermentation in industrial applications, *Trends Biotechnol*. 34 866878. doi.org/ 10.1016/j.tibtech.2016.04.007.

Seo, H., Kim, H., Lee, O., Ha, J., Lee, H., & Jung, K. (2008). Measurement of ethanol concentration using solvent extraction and dichromate oxidation and its application to bioethanol production process. *Journal Of Industrial Microbiology & Biotechnology*, *36*(2), 285-292. doi: 10.1007/s10295-008-0497-4

Szollosi, A., Nguyen, Q. D., Kovacs, A. G., Fogarasi, A.-L., Kun, S., & Hegyesne-Vecseri, B. (2016). Production of low or non-alcoholic beer in microbial fuel cell. *Food and Bioproducts Processing,* 98, 196–200. doi:10.1016/j.fbp.2016.01.012

Snopek, L., Mlcek, J., Sochorova, L., Baron, M., Hlavacova, I., Jurikova, T., Kizek, R., Sedlackova, E. & Sochor, J. (2018). Contribution of red wine consumption to human health protection. *Molecules*, 23, 1684.

Vazquez-Landaverde, P. A. & Qian, M. C. (2007). Antioxidant impacts on volatile formation in high-pressure-processed milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (22): 9183-9188.

Bioaccesibilidad y bioactividad del pistache: *in vitro* e *in silico.*

Olvera-Bautista MR[1], Dufoo-Hurtado Elisa[2], Campos-Vega R[2*]

[1] Universidad Autónoma de Querétaro / Facultad de Química / Licenciatura en Ingeniero Químico en Alimentos, [2] Universidad Autónoma de Querétaro / Programa de Posgrado de Alimentos del Centro de la Republica (PROPAC), * chio_cve@yahoo.com.mx

Resumen

El pistache contiene compuestos fitoquímicos y nutracéuticos cuyo destino gastrointestinal y bioactividad se pueden ver afectados por las interacciones de la matriz alimentaria y las condiciones fisiológicas presentes. En este trabajo, se evaluó el pistache con piel (PCP) y sin piel (PSP); las muestras se caracterizaron químicamente y nutracéutica y se sometieron a una digestión gastrointestinal *in vitro.* Se evaluó su potencial efecto inhibidor de la enzima α-amilasa (*in vivo*). Además de sus propiedades de quimiometría molecular y bioactividad [absorción, distribución, metabolismo, extracción y toxicidad (ADEMT)] *in silico* de los compuestos fenólicos presentes en el pistache. Los componentes mayoritarios del PSP son los lípidos (51%), seguidos de proteína (24%); el PCP presentó un menor contenido de los mismos, pero un mayor contenido de fibra (13.03%). El PCP contiene más fenoles (3.34 *vs* 2.43 mg EAG/g) y más flavonoides (1.71 *vs* 1.08 mg ER/g) que el PSP. Ambas muestras presentaron una alta capacidad antioxidante (906-7058 *vs* 823-7452 mM TE/g, respectivamente), lo que se relaciona con su capacidad inhibitoria sobre la enzima α-amilasa pancreática. El modelo *in silico* mostró que los bioactivos del pistache pueden atravesar el epitelio intestinal, teniendo así una buena bioaccesibilidad y permeabilidad. En conclusión el pistache aporta fibra, además de ser buena fuente de fenoles y flavonoides que son bioaccesibles, permeables y llegan al colon. Exhiben capacidad antioxidante e inhibidora de α-amilasa pancreática, además, de tener buenas propiedades ADEMT que pueden estar ligados a sus beneficios en la salud.

Palabras clave: Pistache, bioaccesibilidad, compuestos fenólicos, digestión gastrointestinal *in vitro*, bioactividad *in silico.*

Abstract

Pistachio contains phytochemical and nutraceutical compounds whose gastrointestinal fate and bioactivity can be affected by the interactions of the food matrix and the physiological conditions present. In this work, pistachios with skin (PCP) and without skin (PSP) were evaluated; the samples were chemically and nutraceutical characterized and subjected to in vitro gastrointestinal digestion. Its potential inhibitory effect on the enzyme α-amylase (in vivo) was evaluated. In addition to its properties of molecular chemometry and bioactivity [absorption, distribution, metabolism, extraction and toxicity (ADEMT)] in silico of the phenolic compounds present in pistachios. The major components of PSP are lipids (51%), followed by protein (24%); PCP presented a lower content of the same, but a higher fiber content (13.03%). PCP contains more phenols (3.34 vs 2.43 mg EAG / g) and more flavonoids (1.71 vs 1.08 mg ER / g) than PSP. Both samples presented a high antioxidant capacity (906-7058 vs 823-7452 mM TE / g, respectively), which is related to their inhibitory capacity on the pancreatic α-amylase enzyme. The in silico model showed that pistachio bioactives can cross the intestinal epithelium, thus having good bioaccessibility and permeability. In conclusion, pistachio provides fiber, as well as being a good source of phenols and flavonoids that are bioaccessible, permeable, and reach the colon. They exhibit antioxidant and inhibitory capacity for pancreatic α-amylase, in addition to having good ADEMT properties that may be linked to their health benefits.

Keywords: Pistachios, bioaccessibility, bioactive compounds, *in vitro* gastrointestinal digestion, *in silico* bioavailability.

Introducción

El pistache *(Pistacia vera L.)* tiene un alto contenido de compuestos fenólicos, incluidos fenoles y flavonoides, además de otros macro y micronutrientes (Bes-Rastrollo y Sánchez-Tainta, 2018). Estos compuestos pueden proteger a los seres humanos de varias enfermedades, incluyendo las crónicas no transmisibles como diabetes tipo 2 (DM2), enfermedades cardiovasculares y obesidad, entre otras (Domínguez-Ávila, et al., 2017). Sin embargo, se ha establecido que existen interacciones con otros compuestos de la matriz del alimento, además de reaccionar con múltiples enzimas provocando una alteración física y química de los compuestos fenólicos durante la digestión (Shahidi y Peng, 2018). Por ende, los beneficios a la salud de dichos compuestos dependen de su bioaccesibilidad y bioactividad en el tracto gastrointestinal. El uso de modelos de digestión gastrointestinal *in vitro* son una alternativa para analizar los cambios estructurales, la bioaccesibilidad, la digestibilidad y la liberación de los compuestos de los alimentos, en condiciones gastrointestinales simuladas (Gonzáles de Cosío-Barrón et al., 2016).

Por otra parte, se ha demostrado que el consumo de alimentos con alta capacidad antioxidante pueden ayudar a disminuir el riesgo de enfermedades causadas por alteraciones metabólicas, como por ejemplo, la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) la cual ha tomado mucha importancia en los últimos años debido a su creciente aumento (Gondokesumo et al., 2017). Por lo que, se ha propuesto reducir los niveles de glucosa en sangre, mediante el uso de inhibidores de enzimas digestivas de carbohidratos, como lo es, la enzima α-amilasa pancreática, encargada de catalizar la hidrolisis de los enlaces 1-4 glucosídicos. Sin embargo, el uso de fármacos que se emplea en el tratamiento de diabetes (por ejemplo, acarbosa) provoca efectos secundarios (distención abdominal, flatulencias, diarrea) provocados por la inhibición excesiva de las enzimas digestivas de carbohidratos. Por ende, se busca encontrar inhibidores naturales de origen vegetal que inhiba la enzima sin provocar daños colaterales (Etxeberria et al., 2012).

Debido a los cambios constantes que ocurren en la actualidad y las problemáticas a las que nos enfrentamos, se busca encontrar nuevas alternativas que sean confiables para la obtención de resultados fidedigno y que ayuden a resolver los problemas en el campo de la química como la recuperación, procesamiento y extracción de datos significativos de las estructuras químicas. Además, evitar la experimentación *in vivo* que son técnicas costosas y con un largo tiempo de análisis, empleando así modelos *in silico* como la quimioinformática que ayudan a obtener datos de predicción de su bioactividad, sus propiedades de ADMET (absorción, distribución, metabolismo, extracción y toxicidad) de los compuestos bioactivos presentes en un alimento dado (Nieto-Figueroa et al., 2020).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fué evaluar la composición química y nutracéutica del pistache con piel (PCP) y sin piel (PSP), así como la bioaccesibilidad mediante un modelo de digestión gastrointestinal *in vitro* (boca-colon), además de evaluar el efecto inhibitorio sobre la enzima α-amilasa pancreática (*in vitro)* y examinar la biactividad *in silico* de fenoles y flavonoides.

Metodología

Caracterización química

Se realizaron métodos oficiales (AOAC, 2002) para determinar el contenido de humedad, cenizas, lípidos y proteínas (métodos 925.23, 945.46, 920.39 y 920.105, respectivamente). Los carbohidratos se calcularon por diferencia.

Fibra dietética total, soluble e insoluble

Las fracciones de fibra dietética total, que contienen fracciones solubles e insolubles, se determinaron siguiendo el método enzimático-gravimétrico de Shiga & Lajolo (2006).

Compuestos fenólicos totales y flavonoides totales

Los compuestos fenólicos totales se cuantificaron utilizando el espectrofotómetro MultiSkan Go a una longitud de onda de 765 nm, siguiendo la metodología descrita por Singleton et al. (1999); para ello se realizó una curva de calibración con ácido gálico como estándar (1 a 80 µg/ml; R^2= 0.996). Los resulta-

dos se expresaron como microgramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (µg EAG/ g muestra). La cuantificación de flavonoides totales se determinó según el procedimiento de Robertson y Hall (2015) a una longitud de onda de 404 nm, empleando rutina como estándar (0.025 a 0.4 µg/ml; R^2= 0.999). Los resultados se reportaron como microgramos equivalentes de rutina por gramo de muestra (µg ER/ g muestra).

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se calculó utilizando los radicales DPPH (Fukumoto y Mazza, 2000) y ABTS (Nenadis, et al., 2004). Para la técnica de DPPH se adicionaron 20 µl de la muestra a una micro placa de 96 pozos, se agregaron 200 µl de solución DPPH (150 µM), se realizó una curva de calibración con Trolox como estándar (10 a 400 µg/ml; R^2= 0.995), se leyó a 520 nm en un espectrofotómetro. El radical $ABTS^+$ se generó mediante la interacción de 5 ml de solución de ABTS (7 mM) y 88 µl de solución $K_2S_2O_8$ (140 mM). La solución de trabajo se preparó con 0.5 ml del radical activo y 25 ml de etanol para obtener una absorbancia inicial de 0.70-1.0 leyéndose a 734 nm usando un espectrofotómetro. Posteriormente, se adicionaron 20 µl de muestra a una microplaca de 96 y se adicionaron 230 µl de la solución de ABTS. Se leyó a una longitud de onda de 734 nm. Se realizó una curva de calibración con Trolox (0.005 a 0.6 mM; R2= 0.991). La capacidad antioxidante se expresó como capacidad antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) como equivalentes milimolares de Trolox por gramo de muestra (mM TE/g).

Actividad inhibitoria de alfa amilasa

Se realizó el método descrito por Elya et al. (2012). Para la mezcla de reacción se colocaron 49 µl de muestra, se adicionaron 49 µl de enzima alfa amilasa pancreática (10 U/ml; disuelta en buffer de fosfatos, pH 6.8). Se dejó reposar por 10 min. Posteriormente al reposo, se adicionaron 164 µl de almidón (1%, disuelta en buffer fosfatos, pH 6.8). Por segunda ocasión se reposó por 10 min. Se adicionaron 248 µl de colorante DNS. En seguida, se hirvieron los tubos con la mezcla de reacción durante 5 min para detener la reacción. Finalmente se adicionaron 990 µl de agua destilada. Se leyó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm. Se realizó una curva de calibración con acarbosa como solución estándar (25 a 300 µg/ml; R2= 0.972).

Digestión gastrointestinal in vitro

Para simular la digestión gastrointestinal humana, se realizó la metodología adaptada y descrita por Campos-Vega et al. (2015). Se invitaron cuatro voluntarios sanos al estudio, proporcionándoles previamente un consentimiento informado por escrito antes de participar en el estudio. Después de cepillarse los dientes sin pasta dental, masticaron 1 g de la muestra de pistache durante 15 veces por 15 segundos vaciando el contenido en un vaso con 5 ml de agua destilada. Inmediatamente los voluntarios enjuagaron la boca con 5 ml de agua destilada 15 veces por 15 segundos para después depositarla en el mismo vaso. Al finalizar se mezclaron las suspensiones de cada muestra en un vaso. Para las condiciones de estómago se tomó una alícuota de 10 ml, se ajustó el pH a 2.0 con una solución de HCl 0.5 N y se agregó una solución de pepsina (0.055 g en 0.94 ml de HCl 20 mM), seguido de incubación (2 h a 37 °C). El extracto intestinal se preparó 30 min antes de su uso y consistió en 3 mg de bilis bovina y 2.6 mg de pancreatina mezclados con 5 ml de buffer Krebs-Ringer (118 mM NaCl, 4.7 mM KCl, 1.2 mM $NaHCO_3$, glucosa 11 mM y $CaCl_2$ 2.5 mM; pH6.8). Esta solución se gasificó con CO_2 para mantener las condiciones anaeróbicas. Se transfirieron 15 ml de la suspensión en un recipiente que contenía el saco intestinal invertido de rata, se incubó en un baño de agua con agitación oscilante (80 ciclos por min, 37 °C por 15, 30 y 60 min). Una vez que se completó el periodo de incubación, se retiraron los sacos y la fracción digerible (FD) en el lado basolateral (lado interno del saco evertido) se separó de la fracción no digerible (FND) en el lado mucoso (exterior). La FND se sometió a fermentación colónica *in vitro*.

Fermentación colónica in vitro

La fermentación colónica *in vitro* se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por Campos-Vega et al. (2009). Las condiciones anaeróbicas se simularon y mantuvieron usando una mezcla de gases (10:10:80, H_2: CO_2: N_2) en un medio basal estéril que contenia: 2 g/L de agua de peptona, 2 g/L de extracto

de levadura, 0.1 g/L NaCl, 0.04 g/L K_2HPO_4, 0.04 g/L KH_2PO_4, 0.01 g/L $MgSO_4*7H_2O$, 0.01 g/L $CaCl_2*2H_2O$, 0.01 g/L $NaHCO_3$, 0.5 g/L L-cisteína, 0.5 g/L sales biliares, 2 mL/L de Tween-80 y 5 mL de solución de hematina (0.2 g disueltos en 5 mL de NaOH, pH 7.0). Se recolectaron muestras fecales de un donador sano y se almacenó a 37 °C antes de su uso. La muestra fecal (3 g) se homogeneizaron con 27 ml de buffer de fosfatos estéril (pH 7.0) y los tubos que contenían medio de cultivo basal se inocularon con 1 ml de solución fecal. Se utilizó la FND (sólido-líquido, 1:1) obtenido después de la incubación durante el paso del intestino delgado, así como una solución salival de 60 min no digerida como blanco. Durante la fermentación, se incubó a 2, 4, 6, 12 y 24 h. Después del período de incubación, los tubos se almacenaron a congelación para su posterior análisis.

Quimioinformática molecular y bioactividad

Se evaluaron *en silico* los compuestos fenólicos más abundantes del pistache. Los datos de predicción de bioactividad y quimioinformática molecular, incluidas las propiedades de ADMET y la química medicinal, se calcularon utilizando descriptores canónicos SMILES obtenidos de Pubchem (https://pubchem. ncbi.nlm.nih.gov/) utilizando AdmetSAR 2.0 (http:// lmmd.ecust.edu.cn/admetsar2), swissADME (http:// www.swissadme.ch/) y Moliinspiration (https:// www.molinspiration.com/), software de quimiote-rapia de acceso gratuito (Nieto-Figueroa et al., 2020).

Resultados

Caracterización química y nutracéutica

Los componentes mayoritarios del PSP son los lípidos (51%), seguidos de proteína (24%), carbohidratos (18.5%) y fibra (9.5%). El PCP presentó un menor contenido de los mismos, pero un mayor contenido de fibra (13.03%) (Tabla 1). Los pistaches también son fuente de compuestos bioactivos como compuestos fenólicos y flavonoides. El PCP contiene más fenoles (3.34 *vs* 2.43 mg EAG/g) y más flavonoides (1.71 *vs* 1.08 mg ER/g) que el PSP.

Bioaccesibilidad in vitro de fenoles y flavonoides

Se presentó una baja bioaccesibilidad de fenoles totales en ambas muestras (PCP y PSP) durante la digestión gastrointestinal. En la etapa oral, la bioaccesibilidad fue baja para ambas muestras (0.73 y 1.26 %) (Figura 1a), así como en el estómago. Sin embargo, la bioaccesibilidad de los fenoles totales se vio favorecida en la etapa del intestino delgado en ambas muestras (26 y 14.82 %, respectivamente), comparado con las otras etapas de la digestión. Particularmente los fenoles del PSP presentan una elevada bioaccesibilidad a los 60 min de incubación (Figura 1a). La bioaccesibilidad de los flavonoides (mg ER/g) fue más baja en comparación con los fenoles totales (Figura 1b). La bioaccesibilidad de flavonoides en PCP fue mayor que PSP a nivel oral, gástrica e intestinal. Sin embargo, en la etapa colónica se vio reducida. Ambas muestras alcanzan la mayor bioaccesibilidad colonica de flavonoides a las 24 h de fermentación, siendo el PSP el que presenta los mayores valores (0.795 µg ER/g), incluso en comparación con las etapas previas.

Tabla 1. Composición química y nutracéutica del pistache (*Pistacia vera* L.)

	PCP	PSP
Lípidos (g)	**46.91 ± 1.56**	**51.34 ± 0.03***
Proteínas (g)	**23.07 ± 0.81**	**24.36 ± 1.41***
Carbohidratos (g)	24.45 ± 0.80*	18.54 ± 1.49
Fibra dietaría total (g)	**13.03 ± 0.2***	9.50 ± 0.3
Soluble (g)	12.43 ± 0.2*	9.17 ± 0.2
Insoluble (g)	0.60 ± 0.0*	0.33 ± 0.0
Cenizas (g)	4.22 ± 0.12*	3.19 ± 0.01
Humedad (g)	1.35 ± 0.24	2.57 ± 0.06*
Fenoles totales (mg EAG)	**3.34 ± 0.4***	2.34 ± 0.2
Flavonoides totales (mg ER)	**1.71 ± 0.3 ***	1.08 ± 0.1

Los valores se expresan como la media (g o mg por 100 g) ± la desviación estándar (n=3); Pistache con piel (PCP); pistache sin piel (PSP); equivalentes de ácido gálico (EAG) y rutina (ER). Diferencias estadística (prueba t, $p < 0.05$) entre muestras (*).

Porcentaje de permeabilidad in vitro de fenoles y flavonoides

La Tabla 2 muestra el porcentaje de permeabilidad de los compuestos fenólicos. Los fenoles totales del PCP fueron rápidamente absorbidos en el intestino delgado, alcanzando valores del 100% a los 15 min

mientras que la absorción de estos compuestos a partir del PSP alcanzó los máximos valores a los 60 min (41%). Por otra parte los flavonoides tuvieron una mayor absorción en el PSP a los 60 min (74%), al igual que el PCP (46%). Sin embargo, en ambas muestras en algunos tiempos de incubación no fue posible detectar el porcentaje de permeabilidad tanto en fenoles como en flavonoides.

Tabla 2. Porcentaje de permeabilidad de fenoles y flavonoides del pistache (*Pistacia vera* L.)

Compuesto fenólico	Tiempo (min)	Porcentaje de permeabilidad (%)	
		PCP	**PSP**
Fenoles totales	15	**100 ± 19***	ND
	30	**97 ± 2***	24 ± 6
	60	ND	**41 ± 18***
Flavonoides	15	ND	29 ± 3*
	30	6 ± 0.2*	35 ± 0.4
	60	46 ± 19	**74 ± 15**

Los resultados se presentan como la media ± la desviación estándar. Diferencias estadística (prueba Tukey, α <0.05) entre muestras (*). Pistache con piel (PCP); pistache sin piel (PSP); no detectable (ND). La permeabilidad (%) se expresa la fracción no digerible (FND) como el 100 % para cada tiempo de incubación.

Capacidad antioxidante

En la Tabla 3 se muestra la capacidad antioxidante del PCP y PSP de los radicales DPPH y ABTS durante la digestión gastrointestinal *in vitro* (boca-colon). Las muestras de PCP exhibieron una capacidad antioxidante más alta en ambos radicales en comparación con el PSP. Por lo que, la cáscara del pistache aumenta la capacidad antioxidante alrededor de un 5% más que el pistache sin cáscara. La capacidad antioxidante se vio favorecida en la etapa del colon en ambas muestras en un tiempo de incubación de 4 h para el radical DPPH (7058 y 7452 mM TE/g muestra, respectivamente) comparadas con las otras etapas de la digestión. Mientras que en la etapa del estómago se observó la menor capacidad antioxidante (906 y 823 mM TE/g muestra, respectivamente). Al igual que el radical DPPH la capacidad antioxidante del radical ABTS fue menor en la etapa del estómago (2.14 y 1.19 mM TE/g muestra, respectivamente), mientras que la etapa con mayor capacidad antioxidante para el PCP fue en la

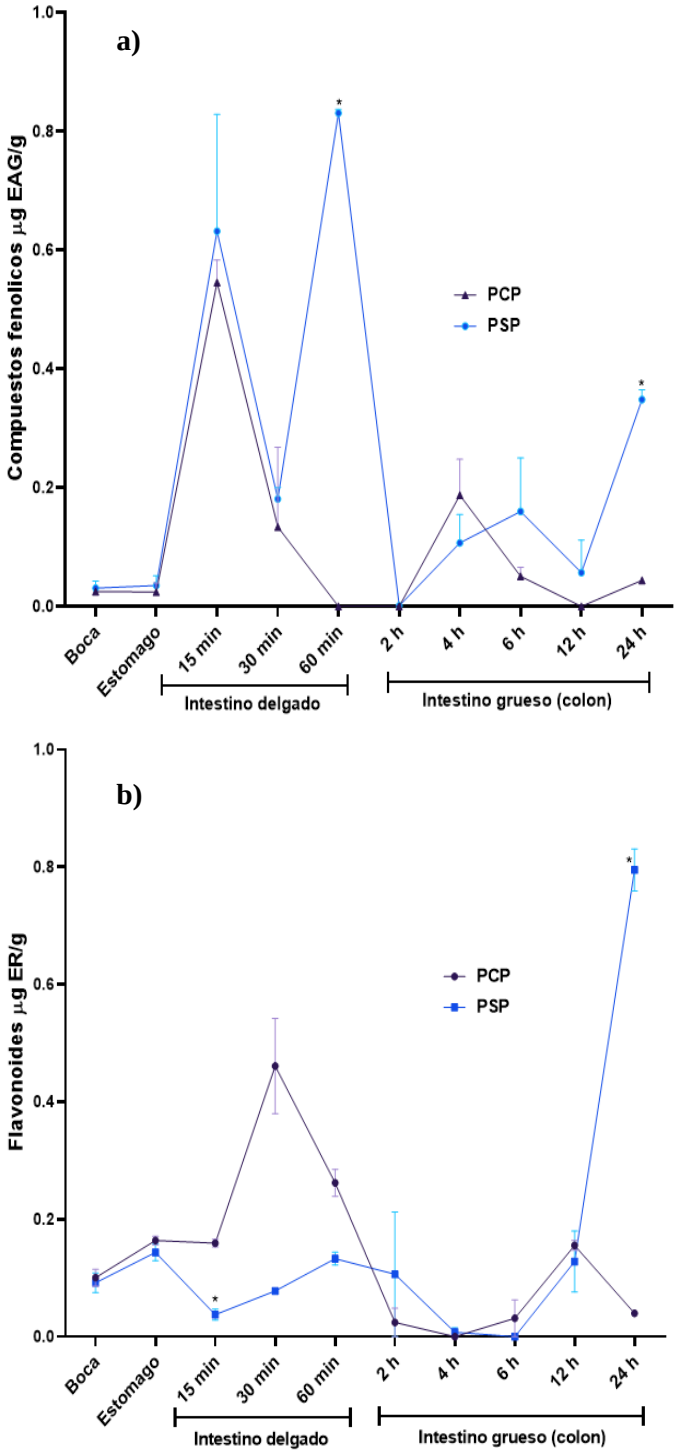


Figura 1. Bioaccesibilidad de a) fenoles totales (µg EAG) y b) flavonoides totales (µg ER) del pistache con piel (PCP) y sin piel (PSP) durante la digestión gastrointestinal *in vitro*. Los resultados se presentan como la media ± la desviación estándar. Diferencias estadística (prueba t, p <0.05) entre muestras (*) y misma etapa de digestión. Equivalentes de ácido gálico (EAG); equivalentes de rutina (ER).

etapa del intestino delgado correspondiente a la fracción no digerible (FND) con un valor de 11.93 mM TE/g muestra, a diferencia del PSP la etapa más favorecida fue el colon a un tiempo de incubación de 6 h (13.55 mM TE/g muestra).

Actividad inhibitoria de alfa amilasa pancreática

La actividad inhibitoria de la enzima α-amilasa pancreática fue mayor en el PSP a los tiempos 15 y 30 min con actividad inhibitoria del 100% (Tabla 4), mientras que para el PCP la mayor actividad inhibitoria fue a los 30 min con 100 %. El PCP fue más activo en la inhibición de la α-amilasa con valor de IC_{50} de 6147 µg/ml a los 30 min en comparación con el PSP que su valor más alto de IC_{50} fue de 6001 µg/ml a los 15 min de incubación.

Tabla 4. Valores de IC_{50} y actividad inhibitoria (%) de pistache con y sin piel de la fracción digerible de la digestión gastrointestinal *in vitro*.

Tiempo (min)	IC_{50} (µg/ml) y Actividad inhibitoria (%)	
	PCP	**PSP**
15	5263±542 (84)	**6001±184 (100)**
30	**6147±152 (100)**	**5761±210 (100)**
60	5271±601 (84)	5462±32 (95)

Los resultados se presentan como la media ± la desviación estándar (n=3). La actividad inhibitoria (%) el 100 % se expresa respecto de la actividad de la enzima α-amilasa sin la presencia de inhibidor. Diferencias estadística (prueba t-test, α <0.05) entre muestras (*).

Quimiometría y química medicinal

En la actualidad se emplean diferentes métodos *in vivo, in vitro* y *ex vivo* para evaluar la biaccesibilidad, abasorción y el destino gastrointestinal de los compuestos fitoquímicos con la finalidad de conocer su farmacocinética.

Todos los conocimientos aportados han llevado a desarrollar modelos *in silico* como la quimioinformática que ayuda a predecir el destino metabólico de las moléculas, su potencial bioactivo y toxicidad. En este estudio, se evaluaron los principales compuestos fenólicos presentes en el pistache tanto en la cascara como en la semilla reportados en la literatura. Dichos resultados nos pro-

Tabla 3. Capacidad antioxidante del pistache con piel (PCP) y sin piel (PSP) durante la digestión gastrointestinal *in vitro*.

	Etapa	PCP	PSP
DPPH (mM TE/g muestra)	**Boca**	907±102	845±80
	Estomago	**906±160**	**823±45**
	Intestino delgado FND		
	15 min	5892±1263	5587±55
	30 min	5717±864	5698±41
	60 min	5773±122	5393±185
	Intestino delgado FD		
	15 min	5959±71	5261±32
	30 min	5934±497	5765±181
	60 min	5581±164	5473±99
	Colon		
	2 h	6335±411	6623±585
	4 h	**7058±171**	**7452±41**
	6 h	7031±679	6950±718
	12 h	6862±273	6272±668
	24 h	6709±583*	6662±89
ABTS (mM TE/g muestra)	**Boca**	2.22±0.1	2.35±0.1*
	Estomago	**2.14±0.2**	**1.19±0.2**
	Intestino delgado FND		
	15 min	**11.93±0.3**	11.06±1.7
	30 min	9.56±0.2*	8.66±0.0
	60 min	10.03±0.1	9.70±0.3
	Intestino delgado FD		
	15 min	8.88±0.5	5.22±0.5
	30 min	11.33±0.4	10.57±1.0
	60 min	10.37±0.0	9.86±0.6
	Colon		
	2 h	10.72±0.1	10.67±0.1
	4 h	10.06±0.1	9.50±1.6
	6 h	10.51±0.9	**13.55±1.3**
	12 h	10.75±0.5	10.15±0.7
	24 h	11.47±0.4	10.31±0.8

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar (n=4; mM TE/ g de muestra (DPPH, ABTS). Diferencias estadística (prueba t, p <0.05) entre muestras (*) y misma etapa de digestión. , equivalente de trolox (TE), fracción no digerible (FND), fracción digerible (FD)

Tabla 5. Quimioinformática molecular y bioactividad potencial de compuestos fenólicos de pistache (*Pistacia vera* L.) en la semilla[a] y piel[b] (Tomaino y col., 2010; Garavand y col., 2015).

	GA[a,b]	CAT[a,b]	ECAT[b]	E7G[a,b]	Cy3G[b]	Q3R[a,b]	DAI[a]	GEN[a]
Pubchem CID	370	9064	72276	13254473	441667	5280805	5281708	5280961
Fisicoquímica								
Peso molecular (g/mol)	170.12	290.27	290.27	450.4	449.4	610.5	254.24	270.24
TPSA (Å²)	98	110	110	186	181	266	66.8	87
XLogP3	0.7	0.4	0.4	0.2	--	-1.3	2.5	2.7
Solubilidad en agua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Moderada	Moderada
Absorción, Distribución, Metabolismo, Excreción, Toxicidad								
Biodisponibilidad oral	Si	No	No	No	No	No	Si	No
Absorción GI/BHE	Alta/No	Alta/No	Alta/No	Bajo/No	Bajo/No	Bajo/No	Alto/No	Alto/No
Inhibidor de OATP1,2	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si
Inhibidor de CYPs	No	No	No	No	No	No	Si	Si
Inhibidor OCT2	No	No	No	No	No	No	No	No
P-gp (Substrato/inhibidor)	No	Si	Si	No	No	Si	No	No
Biodisponibilidad (puntaje)	0.56	0.55	0.55	0.17	0.17	0.17	0.55	0.55
Violaciones LROF	0	0	0	2	2	3	0	0
Bioactividad								
PAINS	CTC-A	CTC-A	CTC-A	CTC-A	CTC-A	CTC-A	0	0
Comportamiento como droga	CTC	CTC	CTC	CTC	CTC/O^+/S^+	CTC	0	0
Ligando-GPCR	No	Si	Si	Si	Si	No	No	No
Ligando-Receptor nuclear	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
Inhibidor proteasas/enzimas	No	Si	Si	Si	Si	No	No	No

Datos calculados con AdmetSAR 2.0 (http://lmmd.ecust.edu.cn/admetsar2/), swissADME (http://www.swissadme.ch/) y Moliinspiration (https://www.molinspiration.com/), usando descriptores canónicos SMILES obtenidos de PubChem CIDs: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/). *B*arrera hematoencefálica (BHE), catequina (CAT), catecol (CTC) A (CTC-A), ácido gálico (GA), gastrointestinal (GI), G-protein coupled receptor (GPCR), Coeficiente de particion octanol-agua (LogP/XLogP3), Lipinsky´s rule of five (LROF), intestinal organic anion-transporting polypeptides (OATPs; OATP1B1 and/or OATP1B3), pan assay interference structures (PAINS), Epicatequina (ECAT), Eriodictyol-7-O-glucoside (E7G), Cyanidin-3-O-glucoside (Cy3G), Quercetin-3-O-rutinoside (Q3R), Genistein (GEN), Daidzein (DAI), Datos no disponibles (--).

porcionan información preliminar sobre la capacidad de cada compuesto fitoquímico para ser absorbido a lo largo del tracto gastrointestinal. De acuerdo a la Tabla 5, el GA y DAI son biodisponbles por vía oral, sin embargo, la CAT, ECAT, E7G, Cy3G y Q3R no son bioaccesibles en dicha etapa. Lo que se puede observar es que los compuestos que son bioaccesibles en la etapa oral se encuentran en su mayoría en la semilla. Por otra parte, el valor del área de superficie polar topológica (TPSA) para la CAT, ECAT, E7G,

Cy3G y Q3R es mayor a 100 Å², mientras que solo GA, DAI y GEN su TPSA es menor a dicho valor. Otro dato importante es que el GA, CAT, ECAT, DAI y GEN presentan una alta absorción en el tracto gastrointestinal, mientras que E7G, Cy3G y Q3R tienen una baja absorción, sin embargo ninguna presenta permeabilidad a la barrera hematoencefálica (BHE). Durante su tránsito, todos los compuestos presentes en la Tabla 5 a excepción de la ECAT pueden inhibir los transportadores de cationes orgánicos (OATP). Además, CAT, ECAT y Q3R son sustratos para la P-glicoproteína (P-gp). De acuerdo a los datos obtenidos, los compuestos GA, CAT, ECAT, DAI y GEN presentaron 0 violaciones a la regla de Lipinski (LROF), mientras que E7G, Cy3G y Q3R presentaron 2, 2 y 3, respectivamente.

Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos de la caracterización química y nutracéutica del pistache (*Pistacia vera L.*) es una buena fuente de lípidos y proteínas, y fuente moderada de fibra dietaría total y de macronutrientes. Cabe mencionar que el pistache es rico en ácidos grasos como las mono (24.5 %) y poliinsaturadas (13.3 %). Por lo que las grasas saturadas son muy bajas (5.6 %). Por consiguiente, el pistache promueve perfiles lipídicos saludables en sangre (Dreher, 2012). Por su composición se recomienda el consumo del pistache ya que está inversamente relacionado con un mayor riesgo de DM2 (Terzo y col., 2017), además de un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares (Jun-Yang y col., 2009), actividad como agentes contra el cáncer y patógenos (Mandalari y col., 2013). Esto podría deberse a la relación del contenido alto de fibra, grasas saludables, compuestos antioxidantes y antiinflamatorios (Terzo y col., 2017).

El PCP contiene más fenoles y más flavonoides que el PSP; esta diferencia se puede deber a que la piel del pistache es una fuente de polifenoles, como antocianinas, flavonoides y estilbenos (Terzo y col., 2017). Teniendo así mayor cantidad de fenoles totales y flavonoides en PCP.

Por otra parte, la baja bioaccesibilidad de fenoles totales en el tracto gastrointestinal se debe a que durante la masticasón se determina la bioaccesibilidad de lípidos, rompiendo algunas paredes y exponiendo su contenido a las enzimas digestivas (McArthur y Mattes, 2019). Esto provoca la interacción de los compuestos fenólicos con la grasa presente en las muestras, teniendo como resultado una baja bioaccesibilidad debido al aumento de micelización, el cual ejerce un efecto protector sobre los compuestos fenólicos (Domínguez-Avila y col., 2017). La etapa del intestino presentó una mayor liberación de los compuestos fenólicos para ambas muestras, esto se debe a la actividad enzimática y las condiciones de pH presentes en dicha etapa.

También se logró observar que los fenoles de ambas muestras se liberan y se absorben en el intestino delgado, con la posibilidad de alcanzar el sistema circulatorio. Los compuestos fenólicos del PSP son absorbidos en el intestino delgado solo parcialmente (Shahidi y Peng, 2018), porque podrían estar unidos a macromoléculas insolubles (fibra y proteínas). Por lo tanto, los compuestos fenólicos restantes llegan al colon, para ser sometidos a fermentación colónica y liberan los compuestos fenólicos unidos, otorgando beneficios en la salud al disminuir el pH y prevenir el crecimiento microbiano patógeno en el colon (Shahidi y Yeo, 2016).

Como se observó en los resultados la bioaccesbilidad de los flavonoides fue más baja comparada con los fenoles totales, esto se puede deber a que interactúan con los azúcares y ácidos grasos, produciendo reacciones de epimerización disminuyendo así su bioaccesibilidad (Mandalari y col., 2013). Como se mencionó anteriormente, la biaccesibilidad se vio reducida en la etapa colónica. Esto se debe a que existen diferentes interacciones de los flavonoides con los componentes de la matriz alimentaria formando enlaces no covalentes (fibra dietaría), hidrófobos (proteínas) y covalentes (ácidos grasos). Pero durante el paso del tracto gastrointestinal estas se ven debilitadas parcialmente por la acción mecánica y química, liberando así los compuestos fenólicos. Cabe mencionar que en el colon se libera una cantidad adicional de los flavonoides por acción enzimática de la microbióta ahí presente. El pistache tiene una capacidad antioxidante alta comparado con otros frutos secos, por lo que se puede suponer su efecto preventivo contra el estrés oxidativo (Stevens-Barrón y col., 2019) durante su paso por el tracto gastrointestinal.

Como se mencionó anteriormente el PCP ofrece un mayor efecto antioxidante en comparación con el PSP. De acuerdo a estudios posteriores la capacidad antioxidante está directamente relacionada con el contenido de compuestos fenólicos presentes en la matriz alimentaria. Lo cual se refuerza con lo mostrado en la Tabla 1 ya que el PCP tiene mayor contenido de fenoles y flavonoides. Por lo tanto, el pistache es una rica fuente de antioxidantes naturales como el ácido gálico, la catequina, epicatecina, entre otros (Tabla 5). Cabe mencionar que el ácido gálico puede donar un átomo de hidrógeno o bien, actuar como donante de electrones logrando así un mayor efecto antioxidante (Arjen et al., 2020). Por otra parte, se logó observar que a partir de la fase del estómago la capacidad aumento drásticamente, esto se puede deber a que el pH ácido del estómago afecto la racemización de las moléculas, provocando su reactividad biológica, logrando que los compuestos antioxidantes sean más reactivos durante el paso de la digestión gastrointestinal (Chen et al., 2015). La alta capacidad antioxidante en la etapa colónica se debe a que en el intestino delgado solo se absorben parcialmente. Mientras que otra parte pasan en asociación con fibra dietaría y llegan al colon, donde pueden fermentarse por la acción de enzimas bacterianas. Debido a que solo la microbióta colónica es capaz de romper la matriz de la fibra dietaria y liberar los compuestos antioxidantes asociados en condiciones fisiológicas (pH neutro, 37 °C, ambiente reductor) creando un ambiente antioxidante (Saura-Calixto, 2011).

Los resultados del presente estudio mostraron que tanto el PCP y PSP poseen una actividad inhibitoria del α-amilasa. Esto sugiere una actividad antidiabética, esto se debe a que la α-amilasa pancreática promueve el retraso de la hidrolisis del almidón, reduce la tasa de digestión y absorción de carbohidratos, lo que resulta en una disminución de la hiperglucemia postprandial. Dicho efecto benéfico está relacionado con el contenido de flavonoides (Elya et al., 2012). Esto se debe a que los compuestos fenólicos tienen la capacidad de inhibir la formación de micelas de colesterol, ejerciendo un papel importante en la inhibición de la α-amilasa (Adisakwattana y Chanathong, 2011).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la quimioinformática los compuestos fenólicos evaluados, la mayoría tienen una buena absorción en el tracto gastrointestinal, lo que explica su bioaccesibilidad *in vitro*. Por otra parte, el valor del área de superficie polar topológica (TPSA) de una molécula se emplea para determinar la capacidad de un fármaco para penetrar en las células. Por lo que los valores mayores a 140 $Å^2$ tienen deficiencias en la penetración de las membranas celulares. También se observó que los compuestos fenólicos evaluados a excepción de la ECAT pueden inhibir los transportadores de cationes (OATPS). Estos OATPS se expresan selectivamente en el hígado y están influenciaos por el pH, el potencial de membrana y los sustratos (Nieto-Figueroa et al., 2020). Por último, el GA y DAI presentan buenas propiedades ANDEMT, teniendo así buenas propiedades medicinales.

Conclusiones

El PCP y PSP son una buena fuente de lípidos y proteínas, así como de fibra. Los compuestos fenólicos y flavonoides son bioaccesibles, permeables y alcanzan el colon. Lo anterior puede estar ligado a sus beneficios a la salud. Su baja bioaccesibilidad en el tracto gastrointestinal superior se puede deber a interacciones con compuestos de la matriz alimentaria principalmente lípidos, proteínas y fibra. Por otra parte, el pistache es un agente antidiabético prometedor para inhibir la α-amilasa. Por lo que una ingesta diaria del pistache puede ayudar a prevenir enfermedades como DM, obesidad, hiperglucemia, entre otras. El modelo *in silico* sugiere que algunos compuestos fenólicos del pistache como el GA, CAT, ECAT y DAI tienen las bioactividades más relevantes, y también pueden exhibir actividades de ligandos hacia los receptores acoplados de la proteína G (GPCR) y receptores nucleares, así como proteasas, actividad inhibitoria enzimática, lo que sugiere sus beneficios a la salud. En general, los resultados justifican el consumo de pistache para prevenir enfermedades como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, entre otros.

Referencias bibliográficas:

Adisakwattana, S., Chanathong, B. **2011**. Alpha-glucosidase inhibitory activity and lipid-lowering mechanisms of Moringa oleifera leaf extract. *European review for medical and pharmacological sciences*, *15*(7), 803–808.

Arjeh, E., Akhavan, H.-R., Barzegar, M., Carbonell-Barrachina, Á. **2020**. *Bio-active compounds and functional properties of pistachio hull: A review. Trends in Food Science & Technology.97: 55-64*

Bes-Rastrollo M, Sánchez-Tainta A. **2018.** A small handful of mixed nuts. En: The Prevention of Cardiovascular Disease Through the Mediterranean Diet, Ed. Elsevier Inc., 89–99. .

Campos-Vega R, Reynoso-Camacho R, Pedraza-Aboytes G, Acosta-Gallegos J, Guzman-Maldonado S, Loarca-Piña, et al. **2009.** Chemical composition and in vitro polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Food science. 74(7):T59-T65.

Campos-Vega R, Vázquez-Sánchez K, López-Barrera D, Loarca-Piña G, Mendoza-Díaz S, Oomah B. **2015.** Simulated gastrointestinal digestion and in vitro colonic fermentation of spent coffee (*Coffea arabica* L.): Bioaccessibility and intestinal permeability. Food Research International. 77:156–161.

Chen, G.-L., Chen, S.-G., Xie, Y.-Q., Chen, F., Zhao, Y.-Y., Luo, C.-X., Gao, Y.-Q. **2015**. *Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to in vitro digestion. Journal of Functional Foods, 17, 243–259.*

Domínguez-Avila J, Wall-Medrano A, Velderrain-Rodríguez G, Chen C, Salazar-López N, Robles-Sánchez M, et al. **2017.** Gastrointestinal interactions, absorption, splanchnic metabolism and pharmacokinetics of orally ingested phenolic compounds. Food & Function. 8(1):15–38.

Elya, B., Basah, K., Mun'im, A., Yuliastuti, W., Bangun, A., & Septiana, E. K. **2012**. *Screening ofα-Glucosidase Inhibitory Activity from Some Plants of Apocynaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, and Rubiaceae. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2012, 1–6.*

Mandalari G, Bisignano C, Filocamo A, Chessa S, Sarò M, Torre G, Dugo P. **2013.** Bioaccessibility of pistachio polyphenols, xanthophylls, and tocopherols during simulated human digestion. Nutrition. 29(1): 338–344.

Nieto-Figueroa, K. H., Mendoza-García, N. V., Gaytán-Martínez, M., Wall-Medrano, A., Guadalupe Flavia Loarca-Piña, M., Campos-Vega, R**. 2020**. Effect of drying methods on the gastrointestinal fate and bioactivity of phytochemicals from cocoa pod husk: In vitro and in silico approaches. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, *137*, 109725.

Saura-Calixto, F. **2011**. *Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(1), 43–49.*

Shahidi, F., Peng. H. **2018.** Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compound. Journal of Food Bioactives. *4*:11–68.

Shiga, T., Lajolo, F. **2006**. Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.)—composition and structure. Carbohydrate Polymers, 63(1), 1–12.

ANÁLISIS NUTRIMENTAL DE UN RECETARIO MEXICANO DE COCINA DE 1943

Mendoza-Luna Cynthia Andrea, Pérez-Zarazúa Berenice, Yair García-Plata, Rosa María Martínez-Pérez, Jorge Luis Chávez-Servín, Aarón Kuri-García.

Autor de Correspondencia: Kuri-García Aarón

Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Av. de las Ciencias s/n Juriquilla, Querétaro, México.

Resumen

Objetivo: el presente trabajo da a conocer un conjunto de ideas sobre la historia del cambio alimentario en México a finales del siglo XIX analizadas desde un enfoque multidisciplinario. Metodología: se analizó en el contexto histórico, económico, tecnológico y de salud de México, un recetario de cocina casera mexicana del año 1943, mediante un análisis nutricio, con un enfoque alimentario, gastronómico e histórico. Resultados: dentro del análisis del recetario se mostró que se sobrepasan las recomendaciones de consumo de proteínas, grasas, ácidos grasos saturados y sodio de la dieta. Además, de acuerdo con el recetario, se tienen adecuados consumos de zinc, vitamina C y B12. Limitaciones: el análisis nutricio a partir del recetario analizado es específico de un grupo socioeconómico medio-alto capaz de adquirirlo. No representa la dieta habitual de los mexicanos de aquella época. Conclusiones: de acuerdo con estos resultados es posible comprender la complejidad que entraña la transición alimentaria ocurrida en México a lo largo del siglo pasado con efectos en la epidemiología de las enfermedades crónicas no transmisibles.

Palabras clave: alimentación contemporánea; enfermedades crónicas no transmisibles; ingesta diaria recomendada; recetario de cocina casera de 1943; análisis nutricio; historia de la alimentación.

Abstract

Objective: This paper presents a set of ideas about the history of food change in Mexico at the end of the 19th century, analyzed from a multidisciplinary approach. Methodology: It was analyzed in the historical, economic and technological context of Mexico, a recipe book of homemade Mexican cuisine from 1943, through a nutritional analysis, with a food, gastronomic and historical approach. Results: The analysis showed that the recommendations for consumption of protein, fat, saturated fatty acids and sodium in the diet are exceeded. In addition, according to the cookbook, adequate consumption of zinc, vitamin C and B12 would be available. Limitations: The nutritional analysis from the analyzed cookbook is specific to a medium-high socioeconomic stratum capable of acquiring it. It does not represent the usual diet of all Mexicans of that time. Conclusions: According to these results, it is possible to understand the complexity of the food transition in Mexico over the past century with effects on the epidemiology of chronic noncommunicable diseases.

Keywords: contemporary food; noncommunicable diseases; recommended daily intake; home cookbook 1943; Nutritional analysis; food history.

Introducción

Desde principios del siglo XX, en México, se han manifestado cambios trascendentales en el comportamiento epidemiológico de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Las ECNT han asociado, causalmente, a la adopción de una variedad de hábitos dietéticos y

conductuales que definen hoy al perfil epidemiológico del país (Soto-Estrada et al., 2016). Con el advenimiento de la epidemiología nutricional, ha sido posible identificar asociaciones entre el consumo de alimentos, nutrimentos específicos y/o patrones dietéticos, respecto a la presencia de ECNT (Sacks et al., 2017). Décadas de aproximaciones observacionales, sucedidas por estudios experimentales, han permitido establecer múltiples asociaciones y postular factores protectores, tales como la reducción de la ingesta de sal de mesa y el reemplazo de las grasas saturadas por grasas poliinsaturadas. O, por el contrario, factores de riesgo, por ejemplo, una baja ingesta de frutas, verduras, granos enteros y semillas; cuyo impacto estima al orden del 4 % respecto a la carga de ECNT a nivel mundial.

A pesar de que, actualmente, la creciente base de conocimientos sobre la fisiología subyacente a los factores de riesgo dietéticos y conductuales permiten una mejor comprensión de las ECNT, las estrategias, hasta hoy implementadas, para contener su desarrollo, han tenido poco impacto en términos de incidencia. Una de las razones es la extralimitación de sus acciones a la promoción de conductas saludables, sin apelar a la fenomenología del contexto mexicano de la enfermedad, y por otra parte, a la falta de análisis sobre la influencia que el factor dietético imperante en el siglo XX podría haber ejercido sobre la manifestación de los factores conducentes a ECNT. Por lo anterior, la indagación retrospectiva y analítica de la alimentación prevalente décadas atrás es un tema de interés, con relación al valor nutrimental de las preparaciones alimentarias, la distribución de sus componentes nutrimentales y su pertinencia respecto a la ingesta diaria recomendada (IDR).

Hoy existen problemas de salud pública en México, entre otros, por un incremento en el consumo de alimentos industrializados y un menor consumo de alimento caseros y tradicionales. Por diversos factores culturales y políticos han permeado hacia una alimentación con daños colaterales que trascienden a la sociedad con ECNT que pueden llevar a la muerte; sin dejar de lado, los elevados costos en su tratamiento. Este trabajo da la oportunidad de conocer el aporte nutricio de ciertos alimentos y platillos, aspecto que apoya la política sobre el conocimiento que debería tener el consumidor.

El objetivo del presente trabajo fue analizar nutrimentalmente un recetario de cocina casera, como documento con relación de la alimentación mexicana en la década de los años cuarenta. El documento consistió en el Recetario de cocina Excélsior de 1943, el cual remonta a 24 años previos al establecimiento de las primeras recomendaciones nutrimentales para la población mexicana. Supone una buena aproximación cualitativa a la distribución macronutrimental de la dieta del siglo XX, así como a su relación con el comportamiento epidemiológico de las ECNT en décadas posteriores.

Materiales y métodos

Análisis del recetario de cocina

Estudio retrospectivo de alimentos y platillos consumidos en ciertos grupos de la población mexicana de los años cuarenta a partir de un recetario de cocina de amplia difusión. Se describió y caracterizó el recetario de cocina Excélsior de 1943 obtenido de una colección privada. Se seleccionaron todas las preparaciones de los catorce grupos de platillos del menú: sopas, sopas secas, huevos, pescado, aves, carnes, ensaladas, verduras y cereales, budines, pasteles y buñuelos, antojos mexicanos, postres, helados, sándwiches y tamales, y atole. Se excluyó el grupo *cocktails,* ya que no se consideró propiamente como alimento (bebidas alcohólicas). En total, se analizaron 84 platillos.

Generación de la base de datos

Se descargó la información del menú por grupo de platillos en una base de datos de Office Microsoft Excel (USA) y se analizó cada ingrediente. Posteriormente, se agregó la información nutrimental utilizando como referente el documento: Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica (Muñoz-Chavez, 1996). De acuerdo con estas tablas, se describió cada uno de los componentes presentes tales como: energía, fibra dietética, hidratos de carbono, proteínas y lípidos totales, así como ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. De igual forma, se tomaron en cuenta minerales como calcio, fósforo, hierro, magnesio, sodio, potasio y zinc, y vitaminas como retinol, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina ácido fólico y cobalamina.

Análisis por cien gramos de preparación

Se procedió a hacer el análisis de cada platillo por cada cien gramos de preparación. Se calculó de la siguiente manera: se determinó la cantidad de nutrimentos por 100 g del platillo de acuerdo a cada uno de sus ingredientes. Posteriormente, se hizo la relación de las proporciones de los alimentos por el peso total de la preparación de acuerdo con el recetario. Después se realizó la suma total de cada uno de los nutrimentos provenientes de cada receta. Los resultados se presentan como el aporte de nutrimentos por cada cien gramos de preparación.

Análisis por la IDR

Con los datos del análisis anterior, se determinó la cantidad de la IDR por cada cien gramos de platillo. Para ello, se utilizó la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 de Productos y servicios como Ingestión Diaria Recomendada (IDR) ponderada para la población adulta mexicana (Arriola-Peñalosa, 2009). Brevemente, Proteínas 73.0 g, Vitamina A 570.0 µg Eq retinol, Vitamina E 11.0 mg Eq tocoferol, Vitamina B1 (Tiamina) 800.0 µg, Vitamina B2 (Riboflavina) 840.0 µg, Vitamina B6 (Piridoxina) 930.0 µg, Vitamina B3 (Niacina) 11.0 mg Eq niacina, Vitamina B9 (Ácido Fólico) 390.0 µg, Vitamina B12 (Cobalamina) 2.1 µg, Vitamina C (Ac. Ascórbico) 60.0 mg, Calcio 900.0 mg, Cobre 650.0 µg, Flúor 2.2 mg, Fósforo 664.0 mg, Hierro 17.0 mg, Magnesio 250.0 mg, Zinc 10.0 mg (Arriola-Peñalosa, 2009).

Para esto, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en el escrito titulado Declaraciones Nutricionales y Saludables (CAC/GL 23-1997) (FAO, 1997) da indicaciones de clasificación para determinar a los platillos como bajos o exentos en energía, fibra dietética, proteínas, grasas, ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados y saturados, colesterol, azúcar, sodio, vitaminas y minerales en cien gramos.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para presentar los resultados. Para la generación de gráficos se utilizó GraphPad Software 2018 © y para los análisis descriptivos se utilizó Office Microsoft Excel ©.

Resultados y discusión

A principios del siglo XX, México experimentó grandes transformaciones como parte del proceso modernizador a cargo de Porfirio Díaz (1877-1910). Después de la revolución mexicana, el proceso de industrialización aceleró su paso. En las décadas de 1940 y 1950, la modernidad se experimentó como un cambio, en general identificado con una mejoría material, cuestión que aumento la economía mexicana que conllevó a cambios en los hábitos alimentarios (Torres y Aguilar, 2015).

En 1950 el 62 % del total de la población padecía de desnutrición. Las zonas rurales tenían un acceso restringido a los centros de salud. En las ciudades, el panorama era similar, a pesar de contar con programas de bienestar social desde la década de 1920. Por lo anterior, en las décadas de 1940 y 1950, los hábitos alimenticios de los sectores

populares fueron objeto de preocupación entre expertos y autoridades en salud, que argumentaron que el tener una "dieta balanceada" y una cocina limpia eran elementos fundamentales para el desarrollo de una nación sana y productiva.

Se recomendaba la cría de animales en las comunidades, como aves de corral y cerdos, siendo una actividad de baja escala y de sustentabilidad que contribuyó a satisfacer parte de las necesidades básicas de alimentación y generó ingresos adicionales.

La principal causa de mortalidad en México en 1943 eran los homicidios, seguido por la cirrosis hepática, diabetes y accidentes vasculares. Desde entonces, las ECNT han sido uno de los problemas de salud pública más importantes del país debido a los altos costos del tratamiento de sus complicaciones. Los cambios en el comportamiento humano y los estilos de vida en el último siglo han provocado un gran incremento de la incidencia de estas enfermedades.

El Dr. Héctor Bourges Rodríguez (conocido como uno de los padres de la nutriología en México) señaló que México vive una transición epidemiológica caracterizada por la persistencia de añejos problemas de salud relacionados con la nutrición y ligados directo con la pobreza, así como los de nuevo cuño asociados con la riqueza (Salomón, 2005).

El Recetario de cocina Excélsior 1943 se propone como fuente para aproximarnos a los aspectos alimentarios de ciertos grupos de aquellos años, debido a que existe muy poca información al respecto. El recetario fue un obsequio del periódico para los suscriptores en la campaña publicitaria de fin de año. Es un documento compuesto de 160 páginas que dan muestra de la diversidad alimentaria de distintos estados del territorio nacional, debido a que fue elaborado a partir de las recetas enviadas por las mismas lectoras. De éstas, algunas fueron seleccionadas como "ganadoras" o dignas de una "mención especial". Dentro del proceso de selección y premiación del concurso organizado por el periódico Excélsior, bajo el nombre de "El Mejor Platillo", las recetas ganadoras fueron compendiadas en el documento que salió a la luz hacia noviembre de 1943. A la cabeza del concurso estaba Josefina Velázquez de León, una figura de gran autoridad en el mundo culinario de México en el siglo XX de comida casera,1 quien fue autora de alrededor de 150 libros de cocina y maestra de varias generaciones de mexicanas en su academia culinaria ubicada en la Ciudad de México, entre las décadas de 1930 y 1960.

El recetario es relevante por diversas razones, la fecha de su publicación da cuenta de un periodo importante a nivel global, la Segunda Guerra Mundial, aunque si bien México no tuvo una intervención activa en el campo de batalla, el país contribuyó de diversas maneras en el conflicto bélico, ya que aportó recursos materiales a los países en conflicto, como Estados Unidos, lo que conllevó a una mejora sustancial de las condiciones socioeconómicas y a que los productos globales tuvieran una alza considerable. Lo anterior pudo reflejarse en la alimentación de ciertos grupos poblacionales. Por otro lado, el documento permite aproximarnos a la historia alimentaria del periodo desde un ángulo poco estudiado, la cocina casera. Si bien, existen análisis alimentarios de recetarios profesionales realizados en otros países (Corona y Bak-Geller, 2001), en México no existen análisis de recetarios profesionales ni caseros, que nos den un panorama de la alimentación mexicana en la década de 1940. Además, los recetarios de cocina casera nos dan un adecuado contexto histórico y alimentario para aproximar la situación nutrimental de la época en contexto. En contraste, el recetario Excélsior recopila recetas caseras enviadas por cocineras lectoras de todo el territorio nacional,

acercándonos así más a la realidad culinaria mexicana de aquella época.

Otro aspecto a considerar es el grupo socioeconómico al que refiere el recetario, ya que, en la época de su publicación, buena parte de la población no contaba con los recursos para la suscripción al periódico, además de que un sector significativo era analfabeto, lo que lleva a inferir que las personas que participaban en las dinámicas del periódico eran parte de la clase media o alta del país. Esto representa un marco temporal de análisis importante sobre los aspectos nutricionales de la época.

Además, dentro del recetario, la propaganda se enfocaba en objetos de compra costosos, por ejemplo, acciones de la Compañía Hidroeléctrica de Amacuzac, o el mantenimiento de abrigos de piel, lo que refuerza lo ya mencionado, en el sentido de que este libro de cocina iba dirigida a un grupo socioeconómico medio-alto y alto, cuyo poder adquisitivo guardaba una distancia considerable, respecto al mexicano promedio, *ergo* supone una limitante del estudio. De acuerdo con Aguilar *et al*., (2008), durante las décadas de 1940 y 1950, los cambios en las prácticas culinarias no fueron homogéneos en México. En un primer momento se difundieron sobre todo entre las clases altas y medias de las ciudades. Esos grupos adoptaron un variado menú de productos industrializados tales como leche condensada, evaporada y en polvo; el café soluble, chocolate en polvo, el pan de caja en sus diversas presentaciones y los productos enlatados. A partir de 1950, la publicidad en medios impresos, radio y televisión contribuyó a abrir paso al cambio general. Tan profundo fue este cambio, que años después, muchos de estos productos industrializados se consideraron parte de la canasta básica de los mexicanos (Aguilar, 2008).

Por parte del crecimiento industrial podemos observar un aumento en la producción de productos electrodomésticos de cocina que afectó los hábitos alimentarios en México. Solo se cuenta con cifras desde 1950, las cuales fueron de rápida adopción en los hogares. La producción aumentó de 78,750 estufas al año en 1950, a 231,900 en 1960 (Torres y Aguilar, 2015).

Se estimaba que en 1937 el 38 % de la población mexicana contaba con servicio eléctrico, porcentaje que aumentó a 44 % en 1960. El refrigerador, cuya fabricación en México inició en 1947 con capital y patentes de la Westinghouse, constituyó una especie de pareja de la estufa. Ambos eran productos de la nueva industria de bienes duraderos, una de las principales ramas del modelo de sustitución de importaciones, ingrediente a su vez del periodo de acelerado crecimiento económico llamado “milagro mexicano” (Torres y Aguilar, 2015).

Esto, de entrada, hizo posible la acumulación de alimentos en los hogares y la comercialización aún mayor de ellos. Asimismo, se redujo la obligación de adquirir alimentos a diario. Un claro ejemplo es el pan de caja (Pan Bimbo, la marca más popular en México, surgida en 1945) ya que el pan industrializado podía almacenarse por más tiempo. No hay que olvidar que el pan de caja propició la adopción del sándwich norteamericano en el menú de un número creciente de hogares mexicanos en un contexto de la llamada comida rápida y saludable (Torres, 2011).

Dentro de los resultados obtenidos del análisis nutrimental del recetario, podemos observar que la dieta de 1943 no cumplía los requerimientos recomendados (figura 1) según la (OMS, 2003) una dieta equilibrada debe contener 15 % de proteínas, 20 % de grasas y 65 % de hidratos de carbono, cuestión que no concordó con los datos del recetario que mostró + 41.7 % de proteínas, + 92.0 % de lípidos y – 53.4 % de hidratos de carbono (figura 1). Este desequilibrio podría afectar la salud de las personas en aquellas épocas (Romero-Martínez et

al., 2017) con un aumento en las tasas de obesidad nacional desde 1988 a 2016.

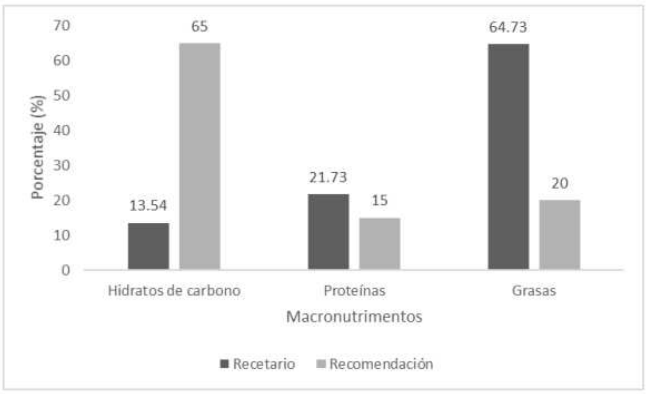


Figura 1. Distribución de la dieta del recetario vs. las recomendaciones de la OMS. Fuente: Recetario de cocina Excélsior (1943). Ciudad de México: Periódico Excélsior; OMS (2003).

En la figura 2 observamos por grupo de alimentos la cantidad de energía en kcal por cien gramos de producto, donde encabeza la lista la preparación de sándwiches, cuestión que se refleja que lo *innovador*, traído de Estados Unidos, marcó una tendencia en la alimentación del mexicano de aquella época. Puede ser este el comienzo en México de los "alimentos rápidos" o *Fast Food*. Estos contienen una mayor densidad energética que los alimentos comunes en nuestra alimentación, como, por ejemplo, los antojitos mexicanos, los tamales y el atole, que pudieran parecer alimentos con un contenido energético elevado. Solo se observaron alimentos con densidad energética media: 150 - 400 kcal/100g y no alimentos hiperenergéticos como los que encontramos hoy en día de forma industrializada (Arriola-Peñalosa, 2009).

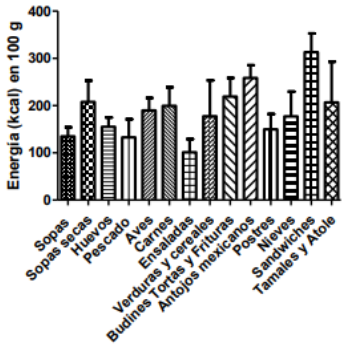


Figura 2. Cantidad de energía en kcal por cada 100 gramos de grupo de platillos. Fuente: Recetario de cocina Excélsior (1943). Ciudad de México: Periódico Excélsior.

En la figura 3 se observa la distribución de la dieta por las preparaciones donde se aprecia que, en general, el porcentaje de grasas envuelve la distribución de los macronutrimentos. Se distinguen los hidratos de carbono la menor proporción, cuestión que debe de analizarse. La preparación de verduras y cereales es el que menos proteínas e hidratos de carbono tiene y, por otro lado, las grasas están presentes en mayor proporción. Lo anterior, lo podemos corroborar con datos de Torres y Aguilar (2015) que mencionan que en este periodo destaca el aumento sostenido en la disponibilidad *per cápita* de los principales alimentos, por ejemplo, un aumento de 51 % en la disponibilidad de maíz, un aumento de 3.6 veces en la disponibilidad de trigo, de 2.2 veces la de frijol y 2.7 veces en la de arroz.

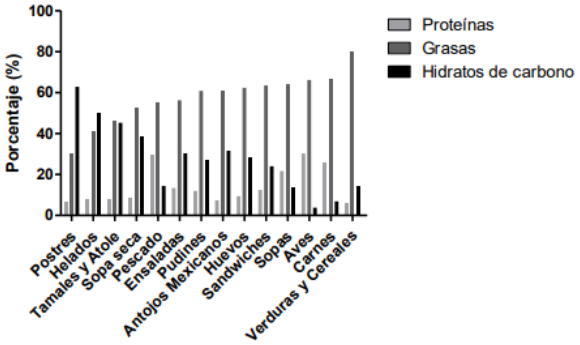


Figura 3. Distribución de la dieta por grupo de platillos. Fuente: Recetario de cocina Excélsior (1943). Ciudad de México: Periódico Excélsior.

Esto debemos tomarlo en cuenta debido a que esta dieta es la que se buscaba seguir en 1943, por ser el patrón estándar de las clases socioeconómicas altas. Eran las preparaciones más llamativas para esta sociedad, por lo cual, cualquier persona de esa época se inclinaba por este tipo de alimentación, sin conocer los conceptos nutricionales y la importancia dentro de la salud que ésta pudiera tener (Bonora et al., 2002).

Una de las razones por las cuales se observan estos números, es debido a los ingredientes utilizados dentro del recetario, que se muestran en la figura 4. Podemos observar la frecuencia de los ingredientes, donde los alimentos de mayor frecuencia dentro del recetario fueron la cebolla y el jitomate, lo cual es algo que, a la fecha, continúa, debido a que la mayoría de los guisos se preparan con estos dos ingredientes. El tercer alimento más repetido en los ingredientes fue la manteca de cerdo, la cual se conoce que es alta en ácidos grasos saturados, por lo que en los platillos del recetario el 41.8 % fueron ácidos grasos saturados. No se utilizó la tortilla. Hoy se conoce que las tortillas elaboradas de harina de trigo o de maíz tienen propiedades benéficas para la salud, por ejemplo, efectos antioxidantes. También se ha descrito un potencial antihipertensivo, entre otros (León-López et al., 2019).

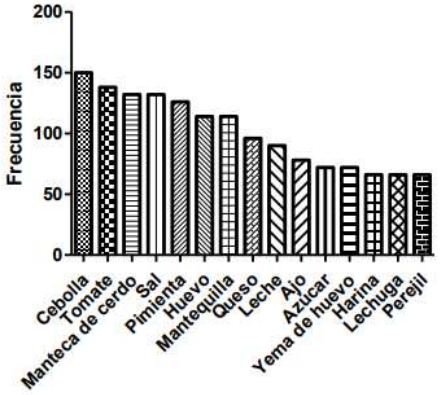


Figura 4. Frecuencia de los 15 alimentos más utilizados dentro del recetario de 1943. Fuente: Recetario de cocina Excélsior (1943). Ciudad de México: Periódico Excélsior.

Una posible explicación de esto, es que la élite porfiriana percibía la dieta de las clases bajas; basada en maíz, frijol y chile, como inferior. Por ello podría ser que en el recetario no se observan ninguno de estos alimentos como de uso común, debido a que era un recetario de un estrato socioeconómico medio y medio-alto (Aguilar, 2008). En 1901, el sociólogo y criminólogo Julio Guerrero publicó "La génesis del crimen en México". Influenciado por el darwinismo social, Guerrero sostuvo que la dieta de los pobres era lo que los mantenía en el atraso social.

Las clases inferiores… comen aún poca carne; de puerco, mucha es de la expendida sin los requisitos exigidos por el Rastro y el consumo se limita a los domingos y días de fiesta. Los huevos jamás entran en el menú del proletario, que consiste en tortillas de maíz en vez de pan de harina, verdolagas, frijoles, nopales, quelites, calabazas, fruta verde o podrida, chicharrón y sobre todo chile en abundancia, como guiso o condimento (Guerrero, 1996, p. 19).

Guerrero también criticó el consumo de comida de origen indígena como los tamales, que calificó como producto de "una repostería popular abominable", ante lo cual, promovió la adopción de las cocinas francesa y española (Guerrero, 1996).

Tabla 1.

Lípidos en los grupos de platillos presentes en el Recetario de 1943

Tabla 1.

Lípidos en los grupos de platillos presentes en el Recetario de 1943

Lípidos en alimentos por 100 gramos				
Platillos	Ácidos grasos saturados (mg)	Ácidos grasos monoinsaturados (mg)	Ácidos grasos poliinsaturados (mg)	Colesterol (mg)
Sopas	3.7	3.8	1.3	31.9
Sopas secas	6.4	3.1	1.5	45.1
Huevos	6.3	2.9	0.6	41.5
Pescado	1.7	1.9	3.6	8.8
Aves	4.4	4.9	2.4	60.6
Carnes	6.5	5.2	1.1	59.4
Ensaladas	0.8	1.9	3.1	13.8
Cereales y Vegetales	12.3	3.8	7.7	18.6
Pudines, Tortas Buñuelos	6.7	5.7	1.6	65.6
Antojitos Mexicanos	7.8	6.5	1.8	29.9
Postres	1.9	1.4	9.2	65.9
Helados	3.5	2.8	8.7	83.6
Sándwiches	7	6.9	5.3	122.7
Tamales y Atole	4.9	4	1.2	94.2

*Se muestran las medias en miligramos por 100 g de grupo de platillos. Fuente: Recetario de cocina Excélsior (1943). Ciudad de México: Periódico Excélsior.

En la tabla 1 se observa el perfil lipídico de los grupos alimentarios, en donde la preparación de cereales y vegetales fue el grupo con mayor cantidad de ácidos grasos saturados de la lista y por otro lado las ensaladas el grupo con menor cantidad. Los grupos con mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados fueron los sándwiches y los antojitos mexicanos. Por otro lado, los postres y helados mostraron la mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y, por último, el colesterol observamos un aumento de 131 % más que el promedio de los grupos seguido de los tamales y el atole. El problema observado es que, en cuanto a los lípidos totales y los ácidos grasos saturados, podemos observar que existe un promedio del 55.7 % y 43.1 % de la IDR, respectivamente, con cien gramos de platillo preparado. Este porcentaje es alcanzado de forma muy rápida y con poco volumen de alimento, de igual forma, aumenta el riesgo de consumir concentraciones elevadas de energía en el transcurso de todo el día. En cuanto al colesterol en la dieta, podemos observar que es muy bajo en comparación a la concentración de lípidos ya mencionados. El colesterol reflejó una IDR en cien gramos de 0.4 % lo cual es un aspecto benéfico dentro del recetario.

Tabla 2.

Porcentaje de la ingesta diaria recomendada de vitaminas por 100 gramos de cada grupo de platillos

Tabla 2.

Porcentaje de la ingesta diaria recomendada de vitaminas por 100 gramos de cada grupo de platillos

% IDR de Vitaminas por 100 gramos								
Grupos de Alimentos	Vit A	Vit C	Vit B1	Vit B2	Vit B3	Vit B6	Vit B9	Vit B12
Sopas	13.4	21.3	7.4	6.6	10	7.4	6.2	37.6
Sopas secas	24.2	77	6.9	7.1	4	4	13.8	42.9
Huevos	17.9	197.8	8.5	6.6	5.3	7.7	8.2	12.1
Pescado	4.8	23.6	5.2	3.8	9.8	5.9	5.7	1.3
Aves	5.5	9.4	4.4	6.5	28.8	13.9	5.7	23.5
Carnes	13.5	18.1	48	9.5	17.1	10.2	4.9	85.8
Ensaladas	3.4	49.2	8.3	7.6	4.5	37	18.7	10.9
Cereales y Vegetales	9.3	54.4	4.6	4.8	3.9	3.6	5.3	2.7
Pudines, Tortas Y Buñuelos	10.4	13.3	12.4	10.2	6.7	7.1	14.2	20.6
Antojitos Mexicanos	8.4	44.4	8.8	7.2	4.4	2.8	3.4	9.4
Postres	4.9	5.5	2.9	6.7	1.6	2.5	4.5	25.2
Helados	5.9	12.8	3.8	8.4	1.9	2.8	6.6	33.5
Sándwiches	17.9	13.8	10.6	12.8	5.8	6.1	24.6	90.2
Tamales y Atole	9.3	16.9	7.3	6.6	3	2.8	10.4	30.3

Se muestran medias del porcentaje de la IDR por grupo de platillos. Fuente: Recetario de cocina Excélsior (1943). Ciudad de México: Periódico Excélsior.

Por último, en la tabla 2 observamos que la vitamina que más cubría la IDR dentro del recetario fue la vitamina C y la vitamina B12. La vitamina C es esencial para prevenir el escorbuto en los seres humanos y está implicada en la prevención primaria de enfermedades crónicas. Por otro lado, la deficiencia de vitamina B12 es una afección común que puede presentarse con características clínicas inespecíficas y en casos graves con anomalías neurológicas o hematológicas. Una causa clásica es la anemia perniciosa, y se conoce que hoy en día ocurre con mayor frecuencia debido a la malabsorción de B12. Por lo que la Vitamina C y la Vitamina B12 son vitaminas importantes dentro de nuestro organismo, los cuales, el recetario nos brinda un aporte suficiente y recomendado de estas vitaminas.

Una de las limitaciones del estudio fue que el análisis del recetario no representa a la población en general de la época, sino, a la sociedad con la solvencia económica suficiente para comprar el periódico y participar en el concurso de “el mejor platillo”. Por lo que hablamos de un grupo pequeño de la población mexicana de 1943.

Gaona-Pineda et al. (2018) mencionan que, actualmente, se conoce que menos del 50 % de la población nacional consume verduras a diario. Alrededor del 80 % de la población no consume agua simple a diario, pero si, bebidas endulzadas al menos tres días a la semana. Se conoce que la región del centro de México presenta el mayor

porcentaje de consumidores de frutas y verduras ($p<0.012$). El nivel socioeconómico alto presenta el mayor porcentaje de consumidores de grupos de alimentos recomendables y no recomendables, por ende, concluyen que un porcentaje importante de la población no consume frutas, verduras, ni agua simple diario (Gaona-Pineda et al., 2018). Por ello, en los últimos años, México ha experimentado una transición alimentaria y nutricia caracterizada por el remplazo del consumo de alimentos tradicionales por el de alimentos industrializados de alta densidad energética y baja calidad nutricia. Esto se refleja en una disminución del gasto per cápita en alimentos recomendables como frutas, verduras, lácteos y carnes, y en un mayor gasto en alimentos de alta densidad energética (como cereales refinados, comida rápida y alimentos procesados "listos para consumir") y bebidas azucaradas, a diferencia de lo observado en el recetario de 1942 que era el comienzo del consumo de comida rápida en México.

Por todo lo anterior, es difícil justificar que el análisis de un solo recetario de cocina puede ofrecer las respuestas a los problemas actuales de salud derivados de los hábitos alimentarios. Sin embargo, presenta una idea de alimentos importantes en 1940 para el estrato socioeconómico medio y alto. Los recetarios de cocina han sido desde su invención, en el siglo XVI, hasta la fecha, representaciones culturales de los gustos y las prácticas alimentarias de una sociedad. Esto significa que un libro de cocina nos dice más sobre los valores, intereses, tensiones, paradojas, ambiciones que caracterizan al grupo social que desarrolló el recetario, representadas por el consumo y prácticas culinarias. Existen diversos factores sociales, culturales y políticos que repercuten en la selección de las recetas, ingredientes, platillos, y técnicas que aparecen en un recetario. Por otra parte, el recetario nos da pistas sobre los ingredientes que se empleaban en la dieta diaria de un grupo de personas, así como su modo de preparación.

Conclusiones

Del análisis de alimentos y platillos del recetario de 1943 se encuentran altas concentraciones de grasas totales, ácidos grasos saturados, y sodio, con relación a las recomendaciones de la OMS. Asimismo, se encontró un bajo contenido de hidratos de carbono de acuerdo con las recomendaciones de esta organización. Por otro lado, también podemos observar concentraciones suficientes de vitamina C y B12. Los nuevos platillos traídos del extranjero, como los sándwiches, con una ideología saludable, dieron resultados contrarios. Fue la preparación con mayor concentración de energía, colesterol y sodio. Debido a ello, se sugiere una relación de las nuevas adaptaciones alimentarias del extranjero en la dieta del mexicano con los cambios trascendentales epidemiológicos de las ECNT desde principios del siglo XX a la fecha. Según el INEGI en 1940 la principal causa de muerte eran las enfermedades infecciosas (gripe y neumonía) donde aún no detonaban las comorbilidades de la obesidad. A diferencia de 2018, la principal causa de muerte son las enfermedades cardiovasculares que se relacionan con la obesidad. Por ello, el recetario presenta un interesante punto de partida con relación al tipo de alimentación en la década de 1940 en comparación con la alimentación actual. Además, se observó una distribución nutrimental diferente a la recomendable, esto debido en parte a la falta de educación alimentaria en aquel entonces. Asimismo, se pone de manifiesto que el análisis de un único recetario no refleja de manera objetiva la cultura alimentaria de un grupo social, por más restringido que éste sea. Sin embargo, el recetario muestra evidencias sobre los ingredientes que se empleaban en la alimentación, así como su modo de preparación. A partir del mismo tampoco puede saberse como los alimentos eran combinados en el menú diario y cada

cuánto se consumían. El presente análisis del recetario debe visualizarse como un documento que aporta cierta información de un estrato socio-económico siendo necesario analizar más información retrospectiva que aporte mayor evidencia de la situación alimentaria de aquella época.

Referencias

Arriola, M. A. (2009). *Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas 2012-12-27*. Mexico. Recuperado de http://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC088981/

Bonora, E., Formentini, G., Calcaterra, F., Lombardi, S., Marini, F., Zenari, L., Saggiani, F. … Muggeo, M. (2002). HOMA-estimated insulin resistance is an independent predictor of cardiovascular disease in type 2 diabetic subjects: prospective data from the Verona Diabetes Complications Study. *Diabetes care*, *25*(7), 1135-41. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12087010

Corona, S. y Bak-Geller, S. (2001). *Anthropology of food: Anthropology of food*. Recuperado de https://journals.openedition.org/aof/6464. doi: https://doi.org/10.4000/aof.6464

FAO. (1997). Directrices para el uso de declaraciones nutricionales. Estados Unidos. Recuperado de http://www.fao.org/3/y2770s/y2770s07.htm

Gálvez-Mariscal, A. y Peña-Montes, C. (2015). Revaloración de la dieta tradicional mexicana: una visión interdisciplinaria. Revista Digital Universitaria, 16(5), 1-17. Recuperado de http://www.ru.tic.unam.mx/handle/123456789/2314

Gaona-Pineda, E. B., Martínez-Tapia, B., Arango-Angarita, A., Valenzuela-Bravo, D., Gómez-Acosta, L. M., Shamah-Levy, T. y Rodríguez-Ramírez, S. (2018). Food groups consumption and sociodemographic characteristics in Mexican population. *Salud Publica de Mexico*, *60*(3), 272-282. DOI:10.21149/8803. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342018000300008&lang=pt

Guerrero, J. (1996). *La génesis del crimen en México: estudio de psiquiatría social*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

León-López, L., Reyes-Moreno, C., Ley-Osuna, A. H., Perales-Sánchez, J. X. K., Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, E. O. y Gutiérrez-Dorado, R. (2019). Improvement of nutritional and nutraceutical value of nixtamalized maize tortillas by addition of extruded chia flour. *Biotecnia*, *21*(3), 56-66. DOI:10.18633/BIOTECNIA.V21I3.1012 Recuperado de https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1012

Muñoz-Chávez, M. (1996). *Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica*. México, D.F.: PAX México.

Olaiz-Fernández, G., Rojas, R., Aguilar-Salinas, C. A., Rauda, J. y Villalpando, S. (2007). Diabetes mellitus in Mexican adults: Results from the 2000 National Health Survey. *Salud Pública de México*, *49*(3), s331-s337. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342007000900004

OMS. (2003). *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas*, Serie de Informes Técnicos/916. Ginebra. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000126&pid=S1414-462X201300020000600021&lng=es

Romero-Martínez, M., Shamah-Levy, T., Cuevas-Nasu, L., Gómez-Humarán, I. M., Gaona-Pineda, E. B., Gómez-Acosta, L.M, … Hernández-Ávila, M. (2017). Diseño metodológico de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. *Salud Pública de México*, *59*(3, mayo-junio), 299. DOI:10.21149/8593. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342017000300299

Sacks, F. M., Bray, G. A., Carey, V. J., Smith, S. R., Ryan, D. H., Anton, S. D., … Williamson, D. A. (2009). Comparison of Weight-Loss Diets with Different Compositions of Fat, Protein, and Carbohydrates. *New England Journal of Medicine*, *360*(9), 859-873. DOI:10.1056/NEJMoa0804748. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19246357

Sacks, F. M., Lichtenstein, A. H., Wu, J. H. Y., Appel, L. J., Creager, M. A., Kris-Etherton, P. M. … Van Horn, L. V. (2017). Dietary Fats and Cardiovascular Disease: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, *136*(3), e1–e23. DOI:10.1161/CIR.0000000000000510. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28620111

Salomón, A. (2005). La industria alimentaria en México. Horizonte Sectorial. *Comercio Exterior*, *55*(3), 242-257.

Soto-Estrada, G., Moreno-Altamirano, L., Pahua-Díaz, D., Soto-Estrada, G., Moreno-Altamirano, L. y Pahua Díaz, D. (2016). Epidemiological overview of Mexico's leading causes of morbidity and mortality. *Revista de la Facultad de Medicina* (México), *59*(6), 8-22. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422016000600008

Torres, J. M. y Meléndez-Aguilar, L. A. (2015). For a History of Food Changes in Mexico During the Twentieth Century: The Arrival of Gas and Electricity to the Kitchen. Revista de Historia Iberoamericana, 8(2), 76-101. doi:10.3232/HIB.2015.V8.N2.04. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7043084

Torres, F. (2011). El abasto de alimentos en México hacia una transición económica y territorial. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, *42*(166), 63-84.

Recuperado de
http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=11819777004

Identificación de una determinante genética para la genoserotipificación de *Salmonella*.

Iván Regalado[1], Gerardo Nava [1]*

[1] Departmento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro, México; gerardomnava@gmail.com.

* Correspondencia: gerardomnava@gmail.com; Tel.: (+52) 4421921307 ext. 5595 (G.N.)

Resumen

La serotipificación de *Salmonella* se ha utilizado para la identificación de fuentes de contaminación, reservorios y relaciones patógeno-hospedador. La serotipificación convencional, se realiza a través de métodos fenotípicos basados en aislamientos, que resultan lentos, laboriosos y costosos. En la actualidad existen métodos moleculares que se basan en la identificación de los loci O, H y otras determinantes genéticas, que son capaces de identificar distintos serotipos, sin embargo, aún no se ha desarrollado un método capaz de identificar los serotipos presentes en una muestra sin la necesidad de un aislamiento.

A pesar de que existen determinantes genéticas empleadas para la genoserotipificación de *Salmonella*, aún no se ha definido una determinante específica de este patógeno que permita identificar serotipos directamente de la muestra. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue identificar una determinante genética específica del género capaz de diferenciar serotipos a través del análisis de sus secuencias.

Se realizó un análisis bioinformático utilizando la base de datos del NCBI para comparar 45 genes de *Salmonella* reportados para discriminar entre serotipos. Se identificaron 7 genes específicos al género de *Salmonella*. El gen específico que mostró un mejor poder discriminatorio entre serotipos fue *srfC* con un mejor poder resolutivo que otras determinantes previamente reportadas en la literatura. Iniciadores dirigidos a este gen pudieron diferenciar al menos 79 serotipos. Los iniciadores evaluados para este gen se podrán utilizar en un método molecular para la genoserotipificación de *Salmonella*.

Abstract

Serotyping *Salmonella* strains has been useful to determine origin of contamination, reservoirs, and host-pathogen interactions. Traditional phenotypic method for serotyping is logistically challenging, as it is time consuming, laborious, and expensive procedure. Several rapid molecular methods targeting O and H loci or surrogate genomic markers have been developed. However, a method capable to identifying serotypes in a sample without isolates, has not been developed yet.

Despite the existence of different *Salmonella* genoserotyping genetic markers, there is not a specific one for the genus that can be used to identify serotypes direct from the samples.

The goal for this study was to identify a genus specific constitutive genetic marker capable to discriminate between serotypes through sequence data analysis.

A bioinformatic analysis was made to 45 *Salmonella* genes previously reported for its discrimination power between some serotypes. Only 7 genes were genus specific and *srfC* showed the best discriminatory power. Primers evaluated for this gene were capable to distinguish at list 79

different *Salmonella* serotypes. These primers could be used to identify *S. enterica* direct from the samples by analyzing their sequences.

Palabras clave: Genoserotipificación, *Salmonella*, determinante genética.

Keywords: Genoserotyping, *Salmonella*, genetic marker.

Serotipificación convencional de *Salmonella*

La serotipificación convencional de *Salmonella* está basada en características antigénicas de superficie (Ryan et al., 2017). El antígeno "O" esta determinado por los lipopolisacáridos presentes en pared celular y el "H" está determinado por proteínas flagelares; que al presentar 2 fases protéicas distintas en sus flagelos, 2 distintos antígenos "H" se expresan, algunos serotipos presentan una cápsula de virulencia (antígeno "Vi") (Ryan et al., 2017). A través de la combinación de anticuerpos específicos dirigidos a estos antígenos es que se han determinado más de 2,500 serotipos distintos de *Salmonella*, de los cuales aproximadamente 100 serotipos están vinculados con enfermedades en humanos (Grimont & Weill, 2007).

La importancia de la serotipificación radica en que permite asociaciones entre el patógeno y su hospedero, se pueden realizar estudios de distribución geográfica, identificar rutas de transmisión de enfermedades, así como portadores y reservorios del patógeno (Ibrahim & Morin, 2018).

Genoserotipificación molecular

El método convencional de serotipificación es tardado y laborioso, pudiendo tener un resultado de 5 a 10 días posteriores a la obtención del aislamiento. Además se necesita contar con más de 200 sueros específicos y personal capacitado, esto resulta limitante para algunos laboratorios (Achtman et al., 2012; Grimont & Weill, 2007; Herrera-León et al., 2007).

En los últimos 10 años, se ha propuesto la tipificación de *S. enterica* a través de la caracterización de determinantes genéticas asociadas a serotipos. A esta estrategia se la denominado serotipificación molecular (Sabat et al., 2013) o genoserotipificación (Yoshida et al., 2014).

Los métodos más sencillos, utilizan la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) para identificar la presencia o ausencia de un gen específico del serotipo de interés (Akbarmehr et al., 2010; Peterson et al., 2010). Otra técnica utilizada para la identificación de serotipos es la basada en microarreglos. Se utilizan más de 80 sondas de genes involucrados en la serotipificación, así como genes específicos de serotipos (Franklin et al., 2011; Tankouo-Sandjong et al., 2008; Yoshida et al., 2014).

Otra herramienta es la secuenciación masiva, herramienta molecular que ha venido revolucionando los estudios microbiológicos, permitiendo secuenciar todo el genoma de un organismo (WGS). Este método ha mostrado tener mejor sensibilidad, especificidad y una resolución en menor tiempo, comparado con los métodos de subtipificación que se utilizan como "estándar de oro" actualmente (Nadon et al., 2017).

El uso de determinantes genéticas en la secuenciación, se ha empleado en métodos moleculares cultivo-independientes para identificar la presencia de *Salmonella* directamente de la muestra (Hyeon et al., 2018) logrando identificar al menos 2 serotipos (Chin et al., 2017). Sin embargo, es necesario buscar nuevas determinantes genéticas que puedan aportar en la identificación de distintos serotipos.

Las características que debe presentar una determinante genética son especificidad, sensibilidad y eficiencia, así como una distribución alélica dentro del género de interés (Goddard & Wijsman, 2002). Estas características se asocian al objetivo deseado, como puede ser la identificación de serotipos de *Salmonella* (Zhang et al., 2019). Una determinante genética utilizada en un método cultivo-independiente tendría que ser específica del género *Salmonella*, para evitar amplificar una secuencia de otros grupos bacterianos (Liu et al., 2012). A su vez tendría que ser una variante alélica constitutiva, para que pudiera estar presente en todos los serotipos (Achtman et al., 2012).

La tipificación de aislamientos de *S. enterica* es fundamental en estudios epidemiológicos para identificar fuentes de contaminación, agentes causales y bases de la relación patógeno-hospedador. El uso de una determinante genética en un método cultivo-independiente para la identificación de serotipos directamente de la muestra, apoyaría en la pronta implementación de medidas para prevenir brotes o identificar el origen de contaminación.

Por todo lo anterior, la presente propuesta del presente trabajo es identificar una determinante genética específica de *Salmonella*, capaz de discernir entre sus serotipos.

Material y Métodos

Selección de genes como posibles determinantes genéticas.

Se identificaron genes de *Salmonella* en la literatura que cumplieran las siguientes características: genes constitutivos, que forman parte del genoma central de *Salmonella*, genes que han sido utilizados para discriminar entre algunos serotipos o que están presentes en todos los serotipos evaluados del estudio y finalmente genes que han sido reportados como específicos del género *Salmonella*.

Obtención de secuencias

La obtención de secuencias de cada gen se realizó mediante el uso de la base de datos del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI por sus siglas en inglés). Se obtuvo una secuencia de referencia de cada uno de los 45 genes obtenidos de la literatura y se les realizó un análisis BLASTn utilizando la base de datos de nucleótidos no redundantes con un máximo de secuencias identificadas de 5000. Derivado de este análisis se obtuvieron para cada gen las secuencias de los distintos serotipos de *Salmonella* que se encuentran en esta base de datos. A su vez, se identificaron los genes específicos del género, es decir, que al comparar la secuencia de referencia con la base de datos no tuviera similitud con genes homólogos presentes en otros grupos bacterianos.

Para determinar el uso potencial de los genes como determinantes genéticas se utilizaron los siguientes parámetros: número de Hits, diversidad de serotipos, porcentaje de identidad entre serotipos y el 100 % de cobertura de la secuencia de cada gen.

Agrupamiento de secuencias por porcentaje de identidad - Análisis en CD-HIT

Para realizar el análisis de agrupamiento en clusters (100% identidad), las secuencias se orientaron en una misma dirección (PLUS - PLUS) con el software CD-HIT (*CD-HIT Suite*, 2020). Se analizó

para cada cluster el serotipo mayoritario y su porcentaje dentro del cluster.

Alineación de secuencias

A través del software MEGA (MEGA-X), se alinearon las secuencias obtenidas para cada gen. Las secuencias alineadas se exportaron a EXCEL (Office 365) para agruparlas por serotipos y serogrupos. Se identificaron regiones informativas (alta variación entre secuencias) y/o polimorfismos de nucleótido único (SNP, por sus siglas en inglés) asociados a cada serotipo.

Secuencias de referencia

Se evaluaron los genes constitutivos *invA* y *fliC* para determinar el número máximo de serotipos identificados por un gen en la base de datos del NCBI. El resultado se comparó con los obtenidos por los genes propuestos.

Los genes *fliC*, *manB* y *atpD*; involucrados en la genoserotipificación de *Salmonella*, se utilizaron como referencia y se evaluaron a la par de los genes propuestos.

Iniciadores dirigidos a la determinante genética

Una vez identificada la determinante genética se realizó una búsqueda en la literatura para obtener los iniciadores específicos del gen. Se analizó con el software BLASTn y CD-HIT la especificidad del género y poder discriminatorio entre sus serotipos.

Resultados

A través de la comparación de secuencias en BLASTn, de los 45 genes evaluados, sólo 24 fueron específicos al género de *Salmonella*.

La comparación de secuencias en BLASTn de los genes constitutivos *invA* y *fliC* mostró que existen 179 serotipos de *Salmonella* en la base de datos del NCBI. Este dato sirvió de referencia para establecer que nuestra determinante genética tenía que cubrir todos estos serotipos o acercarse a este valor.

Los genes que cubrieron este requisito fueron 7 (**Tabla 1**), los demás genes fueron descartados por estar presentes en pocos serotipos.

También se evaluó su capacidad para discernir entre serotipos. Como valores de referencia, se tomaron en cuenta los obtenidos del análisis de secuencias en CD-HIT de los genes *fliC*, *manB* y *atpD*, previamente reportados por su capacidad para discernir entre serotipos. Los valores reportados se indican en la **Tabla 1**.

Tabla 1.- Análisis bioinformático de genes de *Salmonella* propuestos como determinantes genéticas para discernir entre serotipos. Los valores son proporciones de clusters específicos (serotipo único en el cluster con más de 3 secuencias de cepas distintas), clusters con un serotipo mayoritario (>85%) y serotipos identificables por pertenecer a clusters específicos (con 85% a 100% de cobertura dentro de un mismo cluster. El total es la sumatoria de los 3 valores utilizado como indicador de la resolución del gen para discernir entre serotipos.

Gen	Clusters específicos 100%	Clusters con serotipo mayori-tarios	Serotipos en clusters específicos 85%-100%	Total
manB	13.86	94.88	82.48	191.22
yhgE	13.40	90.91	74.13	178.43
srfC	12.26	90.57	74.83	177.66
sipB	18.40	95.71	61.54	175.65
fliC	8.91	81.51	73.18	163.60
*srfC**	13.17	83.23	56.43	152.84
fimA	14.38	79.45	46.15	139.99
pdgL	15.91	80.30	42.66	138.87
atpD	5.26	74.34	45.89	125.50
sipC	6.58	73.68	44.76	125.02
stn	12.36	75.28	29.37	117.01

srfC* representa el análisis de los iniciadores reportados por Liu et al., 2012.

Los clusters obtenidos del análisis en CD-HIT se exportaron a EXCEL para su análisis. Para evaluar la especificidad de cada cluster se tomó en cuanta el número de secuencias que lo conforman, así como el serotipo al que pertenece cada secuencia. Además, se adicionó el serogrupo al que pertenece cada serotipo.

Se realizó un análisis para determinar la proporción de cada serotipo en cada cluster. Se definieron como clusters con serotipos mayoritarios a aquellos que presentaron ≥85 % de cobertura de un serotipo dentro del cluster. Esta información se utilizó para definir la capacidad del gen para diferenciar entre serotipos. Entre mayor número de clusters con serotipos mayoritarios o específicos (de 85% a 100% de cobertura) presentes en un gen, mejor es su capacidad para diferenciar los serotipos.

Como resultado del análisis, se identificaron secuencias únicas en un solo cluster. Estas no fueron tomadas en cuenta para el análisis. Los valores utilizados para la comparación entre los genes fueron: el número de clusters específicos (100% de cobertura de un mismo serotipo), clusters con 85% de especificidad (con más de 3 secuencias presentes en el cluster) y el número de serotipos identificados en clusters específicos (de 85% a 100% de cobertura).

Se obtuvieron las proporciones de estos 3 valores para cada gen evaluado. La sumatoria de estos valores proporcionó un valor indicador de la eficacia de cada gen para discriminar entre serotipos de *Salmonella* (**Tabla 1**). Entre más alto sea este valor, mejor es el poder discriminatorio del gen. Los genes *yhgE* y *srfC* mostraron ser los candidatos ideales para poder ser utilizados como determinantes genéticas para diferenciar entre serotipos.

Las secuencias representativas de estos genes se alinearon en el software MEGA-X. Las secuencias alineadas se exportaron a EXCEL para su análisis. Se identificó si existía una región informativa en la secuencia, es decir, una región que mostrara una variación consecutiva de varios nucleótidos en la secuencia. Sin embargo, las variaciones encontradas en las secuencias fueron únicamente de SNP. Con esta evidencia, las secuencias se organizaron por serotipo para ver si existían SNP que fueran específicos para cada serotipo. Se determinó que no existen SNP que sean específicos de cada serotipo, es el acumulado de SNP a lo largo de la secuencia de cada gen lo que permite diferenciar entre serotipos.

Posteriormente se evaluaron los iniciadores para los genes *yhgE* y *srfC*. Se realizó una búsqueda en la literatura, para el gen *yhgE* no se encontraron iniciadores reportados, por lo que se analizaron 3 posibles pares de iniciadores tomando en cuenta las siguientes características: longitud de18 a 22 pb, no más de 2 bases redundantes y con el mayor número de SNP entre los iniciadores. Sin embargo, al realizar el análisis en BLASTn, de las secuencias obtenidas para cada una de las 3 propuestas, resultaron ser no específicas para *Salmonella*, por lo que se descartó el uso de este gen.

Por otra parte, se identificaron para el gen *srfC* los iniciadores Fw- GGCGTTAACCCACTCCAGTA y Rv- TTACTGTGGGGAGAGCAACC (Liu et al., 2012), los cuales fueron evaluados de la misma manera que el gen. La secuencia tiene un tamaño de 492 pb, es específica al género *Salmonella*, capaz de identificar 140 serotipos de los cuales 79 pueden ser diferenciados por los SNP (**Tabla 1**). A pesar de que la sumatoria de los 3 valores evaluados (152.84) fue menor que la del análisis del gen completo (177.66), es un valor alto en comparación con otras determinantes genéticas (*atpD* = 125.5, *fimA* = 139.99, *sipC* = 125.02, *stn* = 117.01) que se han utilizado previamente para la discriminación de serotipos (**Tabla 1**).

Discusión

La serotipificación mediante anticuerpos específicos, es el método de referencia que se ha

utilizados desde hace muchos años para tipificar a las cepas de *Salmonella* (Ryan et al., 2017). Los serotipos han sido utilizados para identificar el origen de un brote, asociaciones patógeno-hospedero, distribución geográfica, fuentes de contaminación y prevalencias (Yoshida et al., 2014).

A pesar de que se han realizado esfuerzos para transformar el esquema de tipificación de *Salmonella* basado en características genéticas (Li et al., 2017) o evolutivas (Achtman et al., 2012), la serotipificación se ha convertido en un referente para cualquier trabajo de investigación, debido a que existe basta información reportada con la cual se pueden realizar comparaciones y permite homogenizar el lenguaje.

Con los avances en biología molecular, se han realizado distintos estudios para facilitar el trabajo de la serotipificación. La genoserotipificacón se basa en el uso de genes involucrados en la expresión de estructuras protéicas, utilizadas en la serotipificación convencional. Los genes más utilizados son *fliC*, *fljB* y *manB* (Franklin et al., 2011). Yoshida y colaboradores crearon un microarreglo basado en más de 87 sondas dirigidas a genes involucrados en la serotipificación, obteniendo 1812 /1874 cepas de *Salmonella* tipificadas adecuadamente, las cuales fueron previamente serotipificadas por el método convencional (Yoshida et al., 2014).

También existen otros métodos moleculares que utilizan otro tipo de marcadores moleculares no vinculadas a la serotipificación. Se han empleado genes como el *atpD* que codifica para la región beta de la enzima transmembranal ATP sintasa. Este gen ha mostrado tener buen poder discriminatorio entre serotipos (Zou et al., 2016). También existen otros que se basan en las Repeticiones Palindrómicas Cortas Aplicadas (CRISPR por sus siglas en inglés) que han podido identificar correctamente 937 cepas de *Salmonella* pertenecientes a 230 distintos serotipos (Bugarel et al., 2018).

Todos estos estudios se basan en la identificación de serotipos de un aislamiento. Sin embargo, no se ha reportado método molecular capaz de identificar serotipos directamente de la muestra. El gen *srfC* al ser específico de *S. enterica*, puede utilizarse en un método cultivo independiente para poder identificar el patógeno y el serotipo o serotipos presentes en la muestra.

El procedimiento se basaría en otro previamente reportado para la identificación de *Salmonella* directo de la muestra, en la que se extrae el material genético directo de la muestra (Elhariri et al., 2017). Posteriormente se realizaría una PCR utilizando los iniciadores aquí propuestos para este gen. El producto de amplificación se prepararía para su secuenciación mediante el procedimiento Illumina MiSeq instrument (2 × 300 bp, Nextera XT libraries) recomendado para muestras ambientales y productos de amplificación no mayores a 560 pb (Gand et al., 2020). Las secuencias obtenidas serían comparadas con la base de datos del NCBI para definir el serotipo, tomando en cuenta el 100% de identidad.

Este procedimiento permitiría identificar en menor tiempo a los serotipos presentes en una muestra, lo que beneficia en la toma de decisiones para prevenir brotes, identificar el origen de una contaminación, comparar aislamientos en estudios de trazabilidad, tipificar aislamientos en casos clínicos e incluso poder identificar múltiples serotipos presentes en una misma muestra.

Conclusión

El gen *srfC* mostró ser una determinante genética adecuada para poder diferenciar serotipos de *S. enterica* a través del análisis de sus secuencias, pudiendo diferenciar al menos entre 79 serotipos distintos.

Referencias

Achtman, M., Wain, J., Weill, F.-X., Nair, S., Zhou, Z., Sangal, V., Krauland, M. G., Hale, J. L., Harbottle, H., Uesbeck, A., Dougan, G., Harrison, L. H., & Brisse, S. (2012). Multilocus Sequence Typing as a Replacement for Serotyping in Salmonella enterica. *PLoS Pathogens*, *8*(6). https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002776

Akbarmehr, J., Salehi, T., & Nikbakht Brujeni, G. (2010). Identification of Salmonella isolated from poultry by MPCR technique and evaluation of their hsp groEL gene diversity based on the PCR-RFLP analysis. *African Journal of Microbiology Research*, *4*.

Bugarel, M., Bakker, H. den, Grout, J., Vignaud, M.-L., Loneragan, G. H., Fach, P., & Brisabois, A. (2018). CRISPR-based assay for the molecular identification of highly prevalent Salmonella serotypes. *Food Microbiology*, *71*, 8–16. https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.03.016

CD-HIT Suite. (s/f). Recuperado el 2 de diciembre de 2020, de http://weizhong-lab.ucsd.edu/cdhit_suite/cgi-bin/index.cgi?cmd=cd-hit-est

Chin, W. H., Sun, Y., Høgberg, J., Quyen, T. L., Engelsmann, P., Wolff, A., & Bang, D. D. (2017). Direct PCR – A rapid method for multiplexed detection of different serotypes of Salmonella in enriched pork meat samples. *Molecular and Cellular Probes*, *32*, 24–32. https://doi.org/10.1016/j.mcp.2016.11.004

Elhariri, M., Samy Aleslamboly, Y., Ahmed Elshater, M., Elhelw, R., & Refai, M. (2017). Rapid Salmonella Detection in Different Food Samples by Direct-PCR. *Bioscience Research*, *14*, 1005–1010.

Franklin, K., Lingohr, E. J., Yoshida, C., Anjum, M., Bodrossy, L., Clark, C. G., Kropinski, A. M., & Karmali, M. A. (2011). Rapid Genoserotyping Tool for Classification of Salmonella Serovars ▿. *Journal of Clinical Microbiology*, *49*(8), 2954–2965. https://doi.org/10.1128/JCM.02347-10

Gand, M., Mattheus, W., Roosens, N., Dierick, K., Marchal, K., Bertrand, S., & De Keersmaecker, S. C. J. (2020). A

genoserotyping system for a fast and objective identification of Salmonella serotypes commonly isolated from poultry and pork food sectors in Belgium. *Food Microbiology*, *91*, 103534. https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103534

Goddard, K. A. B., & Wijsman, E. M. (2002). Characteristics of genetic markers and maps for cost-effective genome screens using diallelic markers. *Genetic Epidemiology*, *22*(3), 205–220. https://doi.org/10.1002/gepi.0177

Grimont, P., & Weill, F.-X. (2007). Antigenic Formulae of the Salmonella serovars, (9th ed.) Paris: WHO Collaborating Centre for Reference and Research on Salmonella. *Institute Pasteur.*, 1–166.

Herrera-León, S., Ramiro, R., Arroyo, M., Díez, R., Usera, M. A., & Echeita, M. A. (2007). Blind comparison of traditional serotyping with three multiplex PCRs for the identification of Salmonella serotypes. *Research in Microbiology*, *158*(2), 122–127. https://doi.org/10.1016/j.resmic.2006.09.009

Hyeon, J.-Y., Mann, D. A., Townsend, A. M., & Deng, X. (2018). Quasi-metagenomic Analysis of Salmonella from Food and Environmental Samples. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, *140*. https://doi.org/10.3791/58612

Ibrahim, G. M., & Morin, P. M. (2018). Salmonella Serotyping Using Whole Genome Sequencing. *Frontiers in Microbiology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02993

Li, K., Ye, S., Alali, W. Q., Wang, Y., Wang, X., Xia, X., & Yang, B. (2017). Antimicrobial susceptibility, virulence gene and pulsed-field gel electrophoresis profiles of Salmonella enterica serovar Typhimurium recovered from retail raw chickens, China. *Food Control*, *72*, 36–42. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.032

Liu, B., Zhou, X., Zhang, L., Liu, W., Dan, X., Shi, C., & Shi, X. (2012). Development of a novel multiplex PCR assay for the identification of Salmonella enterica Typhimurium and Enteritidis. *Food Control*, *27*(1), 87–93.

https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.062

Nadon, C., Van Walle, I., Gerner-Smidt, P., Campos, J., Chinen, I., Concepcion-Acevedo, J., Gilpin, B., Smith, A. M., Man Kam, K., Perez, E., Trees, E., Kubota, K., Takkinen, J., Nielsen, E. M., Carleton, H., & FWD-NEXT Expert Panel. (2017). PulseNet International: Vision for the implementation of whole genome sequencing (WGS) for global food-borne disease surveillance. *Euro Surveillance: Bulletin Europeen Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin*, *22*(23). https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.23.30544

Peterson, G., Gerdes, B., Berges, J., Nagaraja, T. G., Frye, J. G., Boyle, D. S., & Narayanan, S. (2010). Development of microarray and multiplex polymerase chain reaction assays for identification of serovars and virulence genes in Salmonella enterica of human or animal origin. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation: Official Publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, *22*(4), 559–569. https://doi.org/10.1177/104063871002200410

Ryan, M. P., O'Dwyer, J., & Adley, C. C. (2017). Evaluation of the Complex Nomenclature of the Clinically and Veterinary Significant Pathogen Salmonella. *BioMed Research International*, *2017*. https://doi.org/10.1155/2017/3782182

Tankouo-Sandjong, B., Sessitsch, A., Stralis-Pavese, N., Liebana, E., Kornschober, C., Allerberger, F., Hächler, H., & Bodrossy, L. (2008). Development of an oligonucleotide microarray method for Salmonella serotyping. *Microbial biotechnology*, *1*(6), 513–522. https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2008.00053.x

Yoshida, C., Lingohr, E. J., Trognitz, F., MacLaren, N., Rosano, A., Murphy, S. A., Villegas, A., Polt, M., Franklin, K., Kostic, T., Kropinski, A. M., & Card, R. M. (2014). Multi-laboratory evaluation of the rapid

genoserotyping array (SGSA) for the identification of Salmonella serovars. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, *80*(3), 185–190. https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2014.08.006

Zhang, X., Payne, M., & Lan, R. (2019). In silico Identification of Serovar-Specific Genes for Salmonella Serotyping. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 835. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00835

Zou, Q.-H., Li, R.-Q., Liu, G.-R., & Liu, S.-L. (2016). Genotyping of Salmonella with lineage-specific genes: Correlation with serotyping. *International Journal of Infectious Diseases: IJID: Official Publication of the International Society for Infectious Diseases*, *49*, 134–140. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2016.05.029

Deterioro de la carne de pollo en mercados y supermercados de Querétaro.

Cinthia E. Sáenz García[1]*, Pilar Castañeda Serrano[2] , Edmundo Mercado Silva[1], Estela Vázquez Barrios[1] Gerardo M. Nava Morales[1].

[1]Universidad Autónoma de Querétaro; elizabeth.saenz.garcia@gmail.com; mevazquez@uaq.edu.mx, mercado501120@gmail.com, gerardomnava@gmail.com

[2]Facultad de Veterinaria UNAM, pilarcs@unam.mx

Resumen

La industria avícola es una de las más importantes en nuestro país, sin embargo se estima que se desperdician cerca del 4% de la producción total, sólo por el deterioro microbiano.

La vida de anaquel del pollo varía de 3 a 5 días. Cuando compramos pollo ya sea en mercados públicos o supermercados, generalmente el pollo ya tiene pocos días de vida útil o a veces está en el límite del deterioro. El deterioro de la carne de pollo depende de las condiciones del procesamiento, empaque, cadena de frío y otros factores. Es por esto que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la frescura de la carne de pollo en diferentes puntos de venta y diferentes tipos de empaque en el centro de la ciudad de Querétaro. Para cumplir con este objetivo, se muestrearon 108 pechugas de pollo de 3 mercados públicos, 3 supermercados convencionales y 3 supermercados gourmet por 3 días (Lunes, Miércoles y Viernes). De los supermercados se obtuvieron muestras con empaque de origen (viene desde la planta procesadora) y con empaque libre (se empaqueta en el punto de venta). Se evaluó el pH, color, cuentas bacterianas totales y la concentración de Nitrógeno Volátil Total (TVB-N). El estudio reveló que en las evaluaciones de pH y cuentas bacterianas totales no se encontraron diferencias significativas entre los puntos de venta o los días del muestreo. Caso contrario a la TVB-N y el color. El pollo que se expende en supermercados tiene niveles más altos de TVB-N, 18.3 mg/TVB-N por lo que está muy cercano al deterioro (<20 mg /TVB-N), mientras que el pollo de mercado público es más fresco con niveles de (9.8 mg /TVB-N). En cuanto al color, se obtuvieron valores de luminosidad que mostraron diferencias significativas entre supermercado convencional (50.79) y mercado público (53.53). A mayores valores de L* el producto se considera más fresco. Estos resultados sugieren que a pesar del gran esfuerzo de la industria por cuidar el procesamiento del pollo, en punto de venta se pierden los cuidados, provocando que el producto que se vende esté próximo al deterioro o en algunos casos deteriorado.

Palabras clave: carne de pollo, deterioro, mercado público, supermercados

Abstract

Poultry industry is one of most important in our country. However, ~ 4% of chicken meat were lost or wasted by microbial spoilage.

The shelf-life of poultry varies from 3 to 5 days, also chicken meat found in supermarkets or wet markets sometimes has a few days of shelf life or chicken is sopolied. The sopilage dependes on the conditions of the poultry carcasses at the time of packaging among many factors. The main objective of the present study was evaluating the freshness of breast chicken meat in different retails of Queretaro city. For this goal, a total of 108 chicken breast were recovered from 3 wet market, 3 coventional supermarket and 3 gourmet market of Queretaro city on 3 days of week

(Monday, Wednesday and Friday). From supermarkets, samples were obtaines in two different presenations: original package (it comes from processing plant) and free package (package in supermarket). The pH, colorm total counts and TVB-N were evaluated for each sample. The results reveals pH and total counts has not significant differences between different packaging or retail. However the production of TVB-N in supermarket samples were higher levels of 18.3 mg /TVB-N (close to spoilage <20 mg /TVB-N), while the concentration of TVB-N in wet market was 9.8 mg /TVB-N. Finally color measurment (L* value) were found higher 53.3 in wet market than supermarket 50.79; higher values of L* are considerated in a fresher product. In short these results suggest that despite the great effort of poultry industry to mantain the quality of processing, in supermarket has a poor handling of the product causing the product has a few days of shelf- life or sometimes the product is spoiled.

Key words: chicken meat, spoilage, wet market, supermarket

Introducción

La industria avícola es una de las más importantes en México, con un valor de la producción de ~ $99,786 millones de pesos (UNA, 2018). Esto, debido a su alto valor nutricional y bajo precio en comparación con otras carnes (G. Wang et al., 2017). En México el consumo percapita es de 33.12 kg de pollo para el 2019 (UNA, 2020).

En nuestro país se desperdicia ~ 29% de la producción anual, lo que equivale ~ 0.7 millones de toneladas (UNA, 2017). La causa principal de esta merma se debe al deterioro bacteriano. Los factores que favorecer la proliferación bacteriana son:

- Fluctuaciones en la temperatura de almacenamiento
- Bajo pH posterior al rigor mortis
- Altas cargas bacterianas iniciales

Uno de los parámetros más utilizados para medir la frescura de la carne es el nitrógeno volátil total (TVB-N). Este mide compuestos como trimetilamina $(CH_3)_3N$, dimetilamina $(CH_3)_2N$, y amoniaco NH_3, compuestos volátiles que aparecen durante los últimos estadios del deterioro (Fraqueza *et al*., 2008). Se estandarizó que a concentraciones de 20 mg/TVB-N ya es perceptible por el consumidor el deterioro (Urmila et al., 2015).

El pH también es un parámetro importante para el deterioro. Este es dependiente de la cantidad de glucógeno presente en el músculo. El glucógeno se agota en los músculos de las aves que han sido expuestas a estrés antes del sacrificio, por lo tanto, el estrés previo al sacrificio puede estar relacionado con el pH del músculo. El pH de la carne de pollo procesada varía entre 6.0 y 6.3 (Morales et al., 2016). Durante los primeros estadios del deterioro el pH fluctúa de 6.0 a 5.0 (G. Wang et al., 2017), esto se relaciona con la proliferación de Bacterias Ácido Lácticas (BAL), sin embargo, alrededor del día 10 de deterioro, el pH incrementa (~6.5) y esto se correlaciona con el incremento del número de bacterias que metabolizan nitrógeno (H. Wang et al., 2017).

La industria avícola es altamente tecnificada y durante el procesamiento se siguen diferentes normas para garantizar la inocuidad del producto. Las plantas de procesamiento se rigen bajo los estándares de calidad de la certificación Tipo Inspección Federal (TIF). Las instalaciones son objeto de inspecciones sanitarias permanentes para verificar que el lugar y los procesos cumplan con las regulaciones que señala la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), en virtud de la inocuidad de los alimentos

(SENASICA, 2019). Sin embargo existen factores que pueden afectar la calidad de la carne y propiciar que se deteriore más rápido.

En nuestro país el 7 % de la producción de pollo se vende en mercados públicos y el 3% se comercializa en supermercados (UNA, 2018). En el supermercado podemos encontrar dos presentaciones: pollo con empaque de origen (se empaqueta desde la planta de procesamiento y cuenta con el sello TIF) y pollo en charola sin marca, que se empaqueta en el punto de venta.

Como consumidores esperamos que el pollo que compramos; ya sea en supermercado o mercado público, se encuentre en perfectas condiciones y tenga una vida de anaquel de por lo menos 3 a 5 días; sin embargo, es difícil poder identificar la calidad de la carne de pollo que está próxima a deteriorarse o con un menor tiempo de vida de anaquel. Es por esto, que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la frescura de pechuga de pollo en diferentes puntos de venta (mercado público, supermercados convencionales y gourmet) y diferentes tipos de empaque (de origen y marca libre) en el centro de Querétaro.

Metodología

Se colectó pechuga de pollo los lunes, miércoles y viernes de 3 supermercados convencionales, 3 supermercados gourmet y 3 mercados públicos. Se seleccionaron dos tipos de muestras en Supermercados: pollo con empaque de origen (empaquetado desde la planta de procesamiento con sello TIF) y marca libre (empaquetado en el punto de venta) (**Cuadro 1**). En mercados públicos, se tomaron las pechugas directamente del punto de venta y se colocaron en bolsas de polietileno estériles. Se analizaron un total de 108 pechugas de pollo.

Cuadro 1. Diseño experimental

Sitio	Marca	Días de muetreo		
		Lunes	Miércoles	Viernes
Wallmart Plaza de Toros	Pilgrims	2	2	2
Wallmart Plaza de Toros	Marca libre	2	2	2
Wallmart Bernardo Quintana	Pilgrims	2	2	2
Wallmart Bernardo Quintana	Marca libre	2	2	2
Comercial Mexicana	Pilgrims	2	2	2
Comercial Mexicana	Marca libre	2	2	2
City market	Pilgrims	2	2	2
City market	Marca libre	2	2	2
Fresko	Pilgrims	2	2	2
Fresko	Marca libre	2	2	2
Superama	Pilgrims	2	2	2
Superama	Marca libre	2	2	2
Mercado Escobedo	Marca libre	4	4	4
Mercado la Cruz	Marca libre	4	4	4
Mercado Hidalgo	Marca libre	4	4	4
Total		**36**	**36**	**36**

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio en hieleras (2°C – 8°C) para su análisis. Los parámetros evaluados fueron:

- Color
- pH
- Cuentas bacterianas totales
- Nitrógeno Volátil Total (TVB-N)

Calidad microbiologica

Se colocaron en una bolsa 10 g de pechuga de pollo en condiciones asépticas, posteriormente se adicionó 90 ml de Solución Salina (SS) y se realizó un lavado, frotando vigorosamente la muestra durante 2 min. Este lavado se realizó con la finalidad de desprender toda la carga microbiana superficial de la muestra. Los lavados se utilizaron para realizar diluciones decuples seriadas y se incubaron en Agar nutritivo y Agar cuenta estándar. Una vez inoculados, los medios se incubaron a 35ºC por 24 h. Posterior al tiempo de incubación se realizó el conteo de bacterias y se reportó la media de cada muestra.

Evaluación de pH

Se pesaron 10 gr de pechuga de pollo y se homogeneizaron utilizando una licuadora (Oster) con 90 ml de agua destilada, durante 1 min. El pH de la solución fue determinado utilizando un potenciómetro (Hanna, HI-222, EE. UU.).

Evaluación de color

Los parámetros de color L*, a* y b* se determinaron en la parte superior de la pechuga de pollo sin piel utilizando un colorímetro Minolta (CR- 400).

Determinación de Nitrógeno Volátil Total (TVB-N)

El TVB-N se determinó por el método de microdifusión de Conway. Se homogeneizó en una licuadora durante 1 min 5 g de muestra con 15 ml de agua destilada por 1 min, se adicionó agua destilada para alcanzar a un volumen final de 50 ml. El homogeneizado se pasó por papel filtro (Whatman No. 1). Un mililitro del filtrado se colocó en el espacio exterior de la unidad de Conway, en el espacio interior se colocó 1ml de H_3BO_3 al 0.01N y 200 µl del reagente de Conway (0.066% de rojo de metilo en etanol: 0.066% de verde de bromocresol en etanol = 1:1). Se adicionó 1 ml de K_2CO_3 saturado en el espacio exterior e inmediatamente se cerró la unidad de Conway. Las cámaras se incubaron a 37ºC por 2 hr (Hwang *et al.,* 2015), para posteriormente llevar a cabo la titulación con H_2SO_4 al 0.02N de la solución de ácido bórico localizada en el espacio interior de la cámara de Conway. El contenido de TVB-N se calculó usando la siguiente ecuación:

$$\text{TVB} - \text{N \%mg} = \frac{(a-b) \text{ x } f \text{ x } 28.014 \text{ x } 100}{S}$$

Dónde: S = tamaño de la muestra en gramos, a = volumen (ml) de H_2SO_4 adicionados a la muestra, b = volumen (ml) de H_2SO_4 adicionados al blanco y f = factor estándar de H_2SO_4.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 108 pechugas de pollo de supermercado convencional, gourmet y mercado público, para evaluar la calidad de pollo que se vende en diferentes puntos de venta de la ciudad de Querétaro.

Cambios en el pH de la carne de pollo

El pH en la carne de pollo se ve afectado por la proliferación bacteriana en la superficie del músculo, por lo que se usa a este parámetro como indicador de la proliferación bacteriana y descomposición del tejido muscular (Boziaris & Parlapani, 2017). En el caso del pollo obtenido en supermercado convencional se reportó un pH de 6.06, para supermercado gourmet fue de 6.09 y para mercado público de 6.09 (**Figura 1**), no se encontraron diferencias significativas.

Se sabe que en carne de pollo deteriorada existe un aumento del pH, esto está asociado a un incremento en la concentración de compuestos nitrogenados producidos por bacterias que tienen actividad de enzimas amino descarboxilasas (Morales et al., 2016). Con base en los resultados de pH obtenidos del presente trabajo, no existe una carga bacteriana distinta entre los puntos de muestreo o los tipos de empaque.

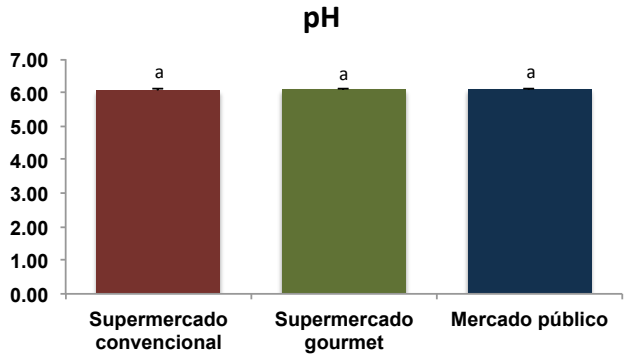


Figura 1. Diferencias de pH en pechugas de pollo por punto de venta. Medias con diferentes letras indican diferencias significativas (*p< 0.05*).

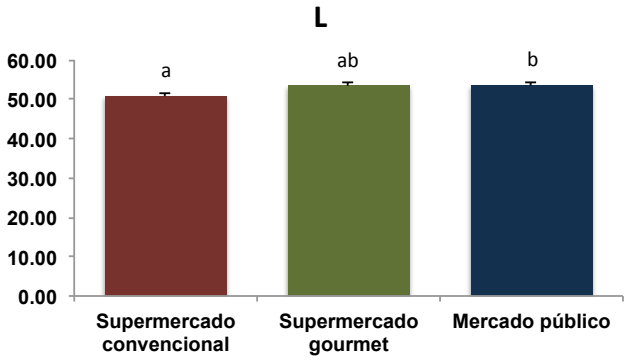


Figura 2. Evaluación de la luminosidad (L*) en pechuga de pollo por punto de venta. Medias con diferentes letras indican diferencias significativas (*p< 0.05*).

Cambios en el color de pechuga de pollo

El color de tejido muscular del pollo, es un parámetro importante de calidad asociado a cambios químicos en el tejido (Fletcher et al., 2018). La luminosidad (L*) es el parámetro más utilizado para medir la frescura en carne de pollo. La L* por punto de venta no presentó diferencias significativas (**Figura 2**), entre supermercado convencional (50.79), supermercado gourmet (53.45), pero sí se presentaron diferencias entre supermercado convencional y mercado público (53.53). Mientras mayor sea el valor de L* se considera que el producto es más fresco, ya que se asocia a la degradación de la miosina muscular, principalmente por proteasas extracelulares producidas por algunas bacterias (Urmila et al., 2015). Sin embargo, no se observaron a simple vista, diferencias en coloración y brillo entre las muestras de los distintos puntos de venta.

Evaluación microbiológica de pechuga de pollo

Para evaluar la calidad microbiológica en pechuga de pollo por punto de venta, se realizó el conteo de bacterias en dos diferentes medios, Agar nutritivo (NB) y Agar cuenta estándar (TVC). Comparando las cuentas bacterianas por punto de venta no se encontraron diferencias significativas (**Figura 3A y 3B**).

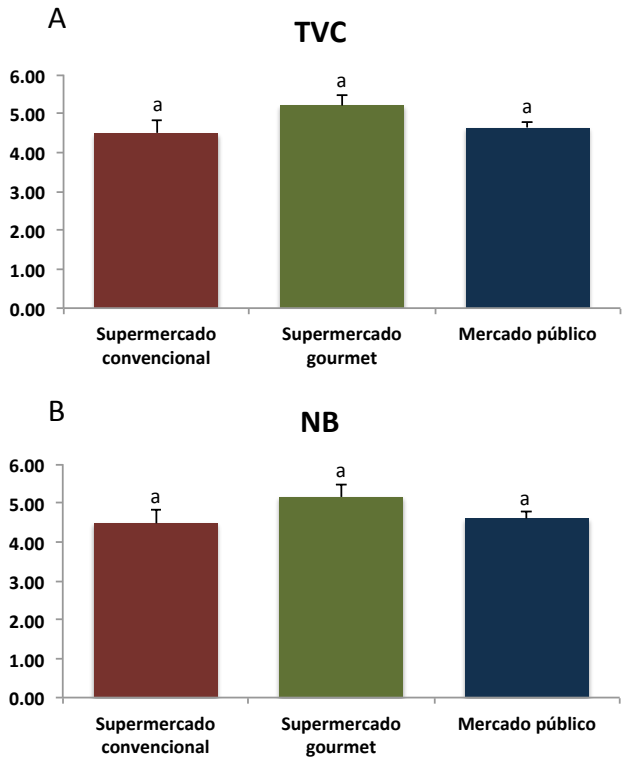


Figura 3. Evaluación microbiológica de pechuga de pollo en diferentes puntos de venta. (A) Recuperación en Agar cuenta estándar, (B) Recuperación en Agar nutriente.. Medias con diferentes letras indican diferencias significativas (*p< 0.05*).

Cambios en la concentración de TVB-N en pechugas de pollo

Otro de los parámetros que se analizó fue la producción de TVB-N en las pechugas de pollo procedentes de diferentes puntos de venta. Para supermercado convencional se tuvo un promedio en la concentración de 17. 6 mg TVB-N /100g, para supermercado gourmet y mercado público, 18.6 y 10.2 mg TVB-N /100g, respectivamente (**Figura 4**). El incremento en la concentración de TVB-N, está directamente asociado a un incremento en amoniaco, dimetilamina y trimetilamina en el músculo; se ha establecido que a valores de 20 mg TVB-N /100g, el producto está deteriorado y los olores producidos por estos compuestos son perceptibles para el consumidor (G. Wang et al., 2017). Con estos datos podemos concluir que el pollo que se está vendiendo en supermercado convencional y gourmet están próximos al deterioro, mientras que el pollo expedido en mercados públicos, está más fresco.

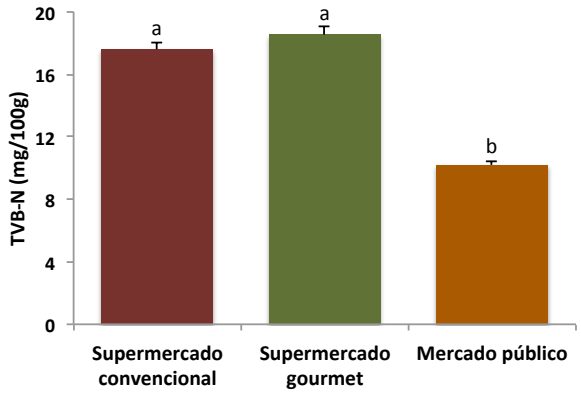


Figura 4. Concentración de TVB-N de pechugas de pollo por tipo de empaque. Medias con diferentes letras indican diferencias significativas (*p< 0.05*).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos por L* y TVB-N, podemos decir que éstos son indicadores sensibles del deterioro bacteriano en carne de pollo. Por otra parte, tomar sólo el pH como indicador del deterioro puede resultar en una evaluación no confiable.

Existe una diferencia entre la frescura del pollo que se vende en supermercado y mercado público. Este resultado contrasta a la idea de que el pollo que se vende en mercado público es más fresco o tiene mas días de vida de anaquel. Esto se puede deber a que el pollo que se comercializa en supermercados pasa más tiempo ahí y si no se tiene cuidado puede romperse la cadena de frío provocando un deterioro más acelerado. Por lo otro lado el pollo de mercado público se vende en menores cantidades por lo que los comerciantes adquieren el pollo cada día haciendo que este se encuentre más fresco por que es pollo del día.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en este estudio podemos concluir que el mejor parámetro para medir la frescura del pollo es el Nitrógeno Volátil Total (TVB-N), este nos puede dar una idea clara del estado del pollo antes de que se encuentre deteriorado. Por otro lado, otros parámetros sumamente utilizados como el pH y la luminosidad L* son parámetros que no son capaces de darnos información del estado de frescura del pollo antes de que este llegue a deteriorarse. Es importante destacar, que el principal hallazgo de este estudio, es que, el pollo que se vende en supermercados está muy próximo a deteriorarse, mientras que el pollo de mercado público se encuentra en mejores condiciones de frescura. Esta información será útil para diseñar y

establecer estrategias para disminuir el deterioro en carne de pollo que se vende en supermercados.

Referencias Bibliográficas

Boziaris, I. S., & Parlapani, F. F. (2017). Specific Spoilage Organisms (SSOs) in Fish. In *The Microbiological Quality of Food* (pp. 61–98). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100502-6.00006-6

Fletcher, B., Mullane, K., Platts, P., Todd, E., Power, A., Roberts, J., Chapman, J., Cozzolino, D., & Chandra, S. (2018). Advances in meat spoilage detection: A short focus on rapid methods and technologies. *CyTA - Journal of Food*, *16*(1), 1037–1044. https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1525432

Hwang, K.-E., Choi, Y.-S., Kim, H.-W., Choi, M.-S., Song, D.-H., Kim, Y.-J., Ham, Y.-K., & Kim, C.-J. (2015). Combined Effects of Mugwort Herb and Vitamin C on Shelf-Life of Vacuum-Packed Seasoned Pork. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *35*(4), 421–430. https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.4.421

Morales, P. A., Aguirre, J. S., Troncoso, M. R., & Figueroa, G. O. (2016). Phenotypic and genotypic characterization of Pseudomonas spp. Present in spoiled poultry fillets sold in retail settings. *LWT*, *73*, 609–614. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.064

Parlapani, F. F., Mallouchos, A., Haroutounian, S. A., & Boziaris, I. S. (2014). Microbiological spoilage and investigation of volatile profile during storage of sea bream fillets under various conditions. *International Journal of Food Microbiology*, *189*, 153–163. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.08.006

Remenant, B., Jaffrès, E., Dousset, X., Pilet, M.-F., & Zagorec, M. (2015). Bacterial spoilers of food: Behavior, fitness and functional properties. *Food Microbiology*, *45*, 45–53. https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.03.009

SENASICA, (2019), Guías para establecimientos Tipo Inspección Federal, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimenetaria. https://www.gob.mx/senasica/documentos/guias-de-buenas-practicas-de-diseno-para-establecimientos-de-sacrificio-tif?state=published

Silby, M. W., Winstanley, C., Godfrey, S. A. C., Levy, S. B., & Jackson, R. W. (2011). *Pseudomonas* genomes: Diverse and adaptable. *FEMS Microbiology Reviews*, *35*(4), 652–680. https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00269.x

Stanborough, T., Fegan, N., Powell, S. M., Singh, T., Tamplin, M., & Chandry, P. S. (2018). Genomic and metabolic characterization of spoilage-associated Pseudomonas species. *International Journal of Food Microbiology*, *268*, 61–72. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.01.005

UNA. Unión Nacional de Avicultores (2019, 2018, 2017) disponible en : https://una.org.mx

Urmila, K., Li, H., Chen, Q., Hui, Z., & Zhao, J. (2015). Quantifying of total volatile basic

nitrogen (TVB-N) content in chicken using a colorimetric sensor array and nonlinear regression tool. *Analytical Methods*, *7*(13), 5682–5688.
https://doi.org/10.1039/C5AY00596E

Capacidad antioxidante de *Chrysactina mexicana* en diferentes condiciones climáticas

Sánchez-Castillo, R.[1], Magallán-Hernández, F.[1], Queijeiro-Bolaños, M.[1], Chavaro-Ortiz, M.[2], Cardador-Martínez, A.[3] y Yahia, E.[1]*

[1] *Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales*

[2] *Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química*

[3] *Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento Regional de Bioingeniería,*

* fabiola.magallan@uaq.mx

Resumen

Chrysactinia mexicana A. Gray es un arbusto nativo de México, comúnmente conocida como San Nicolás. Empleada en la medicina tradicional para el tratamiento de infecciones respiratorias y cutáneas (García-Hernández, et. al. 2015). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de las condiciones ambientales (temperatura, fotoperiodo e irrigación) en la producción de aceites esenciales e hidrolatos, determinar su capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles. Se colectaron semillas de la localidad de Sombrete en Cadereyta, Qro. Se sembraron 200 semillas en charolas de germinación hasta obtener una altura promedio de 20 cm, posteriormente se trasplantaron 20 individuos por charola con un sustrato limo-arcillosa y alcalino (pH 8.24), se dividieron en dos grupos de 100 por tratamiento. El primer tratamiento estuvo en una cámara bioclimática (CBRF-20®) bajo condiciones de invierno (T:14°C, Hr: 30%, FP: 10|14) y verano (T: 27°C, Hr: 60%, FP: 14|10) durante 30 días. Posteriormente se midieron y cortaron, después se pesaron y secaron a 40°C, seguido de esto, se empezó con el proceso de hidrodestilación para el tratamiento de invierno y verano. La capacidad antioxidante se analizó mediante las técnicas de DPPH y FRAP, y se analizó el contenido de fenoles totales (CFT). *C, mexicana* tiene mayor capacidad antioxidante en condiciones de verano (304.4±60.00, p= 0.0015, α= 0.05) para DPPH, mientras que en FRAP fue de 287.5±68.7549. No existen diferencias significativas en el CFT entre las condiciones climáticas (0.874±0.529, p= 0.0069, α= 0.05).

Palabras clave.

Chrysactinia mexicana, planta medicinal, Querétaro, aceites esenciales, capacidad antioxidante.

Abstract

Chrysactinia mexicana A. Gray is a shrub native to Mexico, known as San Nicolás. Used in traditional medicine for the treatment of respiratory and skin infections (García-Hernández, et. Al. 2015). The objective of this study was to determine the effect of environmental conditions (temperature, photoperiod and irrigation) in the production of essential oils and hydrolates, to determine their antioxidant capacity and the total content of phenols. Seeds were collected from the town of Sombrete in Cadereyta, Qro. 200 seeds were sown in germination trays until an average height of 20 cm was obtained, later 20 individuals were transplanted per tray with a silt-clay and alkaline

substrate (pH 8.24), they were divided into two groups of 100 per treatment. The first treatment was in a bioclimatic chamber (CBRF-20®) under winter conditions (T: 14 ° C, RH: 30%, FP: 10 | 14) and summer (T: 27 ° C, RH: 60%, FP: 14 | 10) for 30 days. Subsequently they were measured and cut, then weighed and dried at 40 ° C, followed by this, the hydrodistillation process began for the winter and summer treatment. The antioxidant capacity was analyzed using the DPPH and FRAP methods, and it was analyzed the content of total phenols (CTF). C, mexicana has a higher antioxidant capacity in summer conditions (304.4 ± 60.00, $p = 0.0015$, $\alpha = 0.05$) for DPPH, while in FRAP it was 287.5 ± 68.7549. There are no significant differences in the CTF between climatic conditions (0.874 ± 0.529, $p = 0.0069$, $\alpha = 0.05$).

Key words.
Chrysactinia mexicana, medicinal plant, Querétaro, essential oil, antioxidant capacity.

Introducción

México cuenta con una gran biodiversidad y herencia cultural en el uso de plantas aromáticas y medicinales (PAMs). Se estima que existen aproximadamente 5,000 especies que tienen aplicaciones terapéuticas (García-Hernández, Vibrans, Rivas-Guevara, & Aguilar-Contreras, 2015). Actualmente existe una tendencia comercial en la flora medicinal para la elaboración de productos derivados, debido a los compuestos fitoquímicos que poseen (Calvo-Irabien, 2018).

Uno de los principales productos comercializados derivados de las PAMs son los aceites esenciales. Se estima que existen alrededor de 3000 tipos de aceites esenciales conocidos a nivel mundial, de los cuales aproximadamente 10 % tienen importancia comercial y se utilizan ampliamente en diferentes ramas de la industria (Efrain A. Boom, 2018). Los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos, cuya composición depende, entre otros factores, las condiciones climáticas bajo las cuales se desarrollen las plantas (Rodríguez, 2014). México es un país que posee una gran diversidad de ecosistemas y microclimas, lo cual hace que sus especies de plantas puedan contener gran concentración de aceites y compuestos fitoquímicos (Torrenegra Alarcón, 2015). Un factor determinante para la comercialización de los aceites esenciales de las PAMs en el país es el manejo del cultivo. Sin embargo, 85% de las plantas se obtienen del medio silvestre, predominando la colecta sobre el cultivo (Calvo-Irabien, 2018) tal es el caso de. *Chrysactinia mexicana* A. Gray.

Chrysactinia mexicana A. Gray es un arbusto nativo de México, comúnmente conocida como San Nicolás o Damianita. Es empleada en la medicina tradicional para el tratamiento de infecciones respiratorias y cutáneas y ha sido estudiada desde un enfoque fitoquímico registrando propiedades bioactivas en los compuestos de la planta (E. Gomez-Macias, 2019). Actualmente la única fuente de materia prima para los estudios fitoquímicos y su comercialización es el material vegetativo silvestre, esto limita la obtención constante de planta, con los metabolitos secundarios producidos por las condiciones climáticas de su hábitat (S.F. Hendawy, 2018). En este contexto es necesario establecer un protocolo de propagación y manejo, que permita la obtención de aceites esenciales y evaluar los contenidos y características fisicoquímicas de los mismos.

Actualmente existe la tendencia del uso de compuestos antioxidantes en los distintos campos de la industria, alimenticia, farmacéutica, cosmética y medicina, ya que poseen la capacidad de inhibir reacciones que llegan a causar daño a las biomoléculas, muchas de estas sustancias provienen de origen vegetal (AM Mesa-Vanegas, 2015). Para *C. mexicana* se han reportado compuestos con actividad antioxidante, así como compuestos fenólicos con alta capacidad bioactiva (E. Gomez-Macias, 2019). El objetivo de este estudio es determinar el efecto de las condiciones ambientales (temperatura, fotoperiodo e irrigación) en la producción de aceites esenciales y determinar la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales de los aceites esenciales e hidrolatos obtenidos.

Metodología

Establecimiento de un cultivo experimental

Se germinaron 200 semillas bajo condiciones de invernadero, en una mezcla de peat moss y vermiculita (50:50). Después de un periodo de 60 días, las plántulas fueron trasplantadas en un sustrato elaborado con vermiculita, lama, arena y composta (30:10:60:5), con la finalidad de simular un suelo alcalino (pH 8.24). Las plantas se mantuvieron en una cámara bioclimática (CBRF-20®) para evaluar las variables de temperatura, fotoperiodo e irrigación en dos condiciones climáticas (verano e invierno).

Temperatura, fotoperiodo e irrigación

Con la finalidad de evaluar en qué época del año se obtendría mayor concentración de MS, las plantas se mantuvieron a condiciones de temperatura de 14°C y un fotoperiodo de 10/14 simulando el periodo invernal. Para simular las condiciones de verano se mantuvieron a una temperatura de 27°C y fotoperiodo de 14/10. Ambos tratamientos estuvieron en dichas condiciones durante 30 días. Para evaluar la irrigación fue necesario establecer frecuencias de riego basadas en la cantidad de agua que *C. mexicana* recibe al año en su hábitat, por lo que se establecieron dos frecuencias de riego; La primera frecuencia de riego simuló la temporada de lluvias en la época de verano (T2), con una periodicidad de cada 4 días. La segunda frecuencia fue la temporada de sequía en la época invernal (T1) con una frecuencia de riego cada 8 días. El riego fue a capacidad de campo para ambos tratamientos (Tabla 2).

Cada tratamiento se conformará de 20 plantas con cinco repeticiones.

Tabla 1 Tratamientos para la evaluación de temperatura, fotoperiodo e irrigación, para la obtención de aceites esenciales de C. mexicana.

Tratamiento	Verano	Invierno
Temperatura	27 °C	14 °C
Fotoperiodo	14|10	10|14
Frecuencia de riego	Cada 4 días (precipitación)	Cada 8 días (sequía)

Método de secado del material vegetal

Para la obtención de materia seca, las plantas de *C. mexicana* se cortaron después de 30 días para cada tratamiento. Posteriormente, se obtuvieron las medidas de peso fresco y se colocaron individualmente en bolsas de estraza, etiquetadas por repetición, tratamiento y fecha.

Las bolsas de estraza fueron ingresadas a una secadora para muestras herborizadas por 48 horas a una temperatura de 40°C. Una vez secas, se obtuvo la medida de peso seco para cada individuo de cada tratamiento. De la materia seca obtenida de cada

repetición se llevaron a cabo las extracciones de aceites esenciales

Obtención de aceites esenciales por el método de hidrodestilación

Con la finalidad de determinar el rendimiento de aceite esencial para *C. mexicana*, se llevó a cabo un ensayo previo bajo el método de hidrodestilación, en el cual se determinó que de 50 g de materia seca se obtiene 1 ml de aceite esencial. A su vez, se determinó que por cada 50 g de materia seca se tiene que agregar 500 ml de agua destilada para la extracción.

Para este experimento se ajustó el método de hidrodestilación utilizando un equipo Clevenger para cada repetición. Una vez obtenidos los aceites esenciales se vaciaron en viales ámbar de 2 ml, mientras que los hidrolatos se almacenaron en frascos ámbar de 50 y 100 ml, dependiendo la cantidad de hidrolatos extraídos. Los aceites esenciales y los hidrolatos se almacenaron en un refrigerador (Torrey TVC08-F1®) a una temperatura de 4 °C.

Se obtuvieron diez muestras de aceite esencial, cinco por cada tratamiento, de igual manera diez muestras de hidrolato y cinco por cada tratamiento Para determinar la capacidad antioxidante de los aceites esenciales e hidrolatos de *C. mexicana* se utilizaron los métodos de DPPH y FRAP, además, se determinó la concentración de fenoles totales con una disolución stock de ácido gálico.

Método DPPH y FRAP para determinar capacidad antioxidante

Para este método se estandarizaron las concentraciones del radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH), el cual se midió usando los métodos de Brand-Williams (Brand-Williams et al., 1995). Se utilizó como base la curva de calibración empleando el análogo de Vitamina E (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-cromo-2-ácido carboxílico) o Trolox para los aceites esenciales e hidrolatos de *C. mexicana* obtenidos de los diferentes tratamientos (Condiciones de verano e invierno). Posteriormente se determinó con un espectrofotómetro (BECKMAN DU -65®) en una longitud de onda a 517 nm para determinar DPPH.

Para la medición de las muestras, se agregaron 25 µl de aceite esencial puro en 750 µl de solución DPPH en un pocillo de cuarzo de 0.7 ml y se midió cada muestra de manera individual y se procedió a la lectura en el espectrofotómetro. Para los hidrolatos de tomaron 25 µl de muestra en 750 µl de DPPH y se leyó en el espectrofotómetro. La actividad antioxidante por este método se realizó por duplicado y las mediciones se reportan en µM de Trolox/ml.

Para el método del poder de reducción del hierro férrico (FRAP) se estandarizo del método de Benzie & Stain 1996. Se hicieron las preparaciones de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) en la solución de HCl y el Fe (III), así como la solución buffer de acetato de sodio, se mezclaron y se incubaron a 37 °C en baño de agitación con temperatura (Precision Scientific Model 25®). Luego de 30 min se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm con un espectrofotómetro (BECKMAN DU -65®). Los valores de FRAP basados en la curva de calibración de Trolox se expresaron en µM de Trolox/ml.

Para la medición de las muestras de FRAP, se agregaron 25 µl de aceite esencial puro en 750 µl de solución FRAP en un pocillo de cuarzo de 0.7 ml y se midió cada muestra de manera individual y se procedió a la lectura en el espectrofotómetro. Para los hidrolatos de tomaron 25 µl de muestra en 750 µl de FRAP y se leyó en el espectrofotómetro. La actividad antioxidante por este método se realizó por duplicado y se expresó en µmol Trolox/100 g de aceite esencial e hidrolatos.

Curva TROLOX para DPPH y FRAP

La curva de calibración de Trolox, se construyó de la siguiente manera:

Tabla 2 Preparación de concentraciones de Trolox para curva de calibración de DPPH y FRAP

Concentración Trolox µM	µL de Trolox	µL de MetOH
50	50	950
100	100	900
200	200	800
300	300	700
400	400	600
500	500	500

Determinación de fenoles totales (CFT)

El contenido de fenoles totales (CFT) se determinó de acuerdo con el método adaptado de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Se preparo la curva de calibración de ácido gálico (tabla 3). La mezcla se agitó y se almacenó a temperatura ambiente durante 30 minutos en oscuridad. La absorbancia se midió a 760 nm frente a un blanco. Se usaron soluciones acuosas de ácido gálico para la calibración, los resultados se expresan como mg equivalentes de ácido gálico.

Curva de ácido gálico para CFT

Se rotularon tubos tipo ependorf de 2 ml, después se adicionaron a cada tubo la cantidad de ácido gálico de la tabla 3. Posteriormente se adicionó a cada tubo la cantidad de H_2O destilada, seguido sea adicionó a cada tubo la cantidad de Reactivo de Folin. Se procedió a agitar en vortex y sonicar 5 min, después se agregó a cada tubo la cantidad de Na_2CO_3. Se dejó reposar 2 horas en oscuridad y finalmente se leyó en espectro uv a 760 nm.

Tabla 3 Preparación de concentraciones de ácido gálico (AG) para curva de calibración de CTF

[ ] x10^{-3} mg/ml	**Solución stock (µl)**	**H_2O destilada (µl)**	**Reactivo de Folin (µl)**	**Na_2CO_3 (µl)**
0	0	250	125	625
1	20	240	125	625
2	40	230	125	625
3	60	220	125	625
4	80	210	125	625
5	100	200	125	625
6	120	190	125	625
7	140	180	125	625
8	160	170	125	625

Se usó una concentración 1:10 de muestra (aceite esencial e hidrolato) en metanol. Se rotularon los tubos tipo ependorf de 2ml. Se Tomaron 50 µl del extracto metanólico de la muestra después adicionó 250 µl de H_2O destilada y se añadió 125 µl de Reactivo de Folin se pasó a agitar en vortex y se sonicó por 5 min posteriormente se adicionó 625 µl de Na_2CO_3. Se dejó reposar 2 horas en oscuridad y se agregó 250 µl a la microplaca, finalmente se leyó en espectro uv a 760 nm en un equipo MRX DYNEX®. Se hizo una repetición de los aceites esenciales en el espectrofotómetro UV (BECKMAN DU -65®) a 760 nm.

Resultados

Mediciones de altura inicial y final

Las plantas de *C mexicana* presentan una altura promedio de altura inicial de 20.2 cm para el tratamiento de condiciones de invierno, en cambio, el

tratamiento de condiciones de verano obtuvo una altura promedio de 14.9 cm. En cuanto a la altura final del tratamiento de condiciones de invierno, tiene una altura promedio de 21.3 cm y para verano de 20.3.cm La tasa de crecimiento relativo (TCR) promedio de las condiciones de invierno fue del 4%, mientras que en verano fue del 18%.

En cuanto a la altura inicial entre tratamiento de invierno y verano existen diferencias significativas para ambas condiciones (p= 1.0, t= 0001, g.l.= 193.78). En cuanto a la altura final no se encontraron diferencias significativas entre las condiciones de verano e invierno (p= 0.80, t= 0.38, g.l.= 188.54) como se observa en la Figura 1.

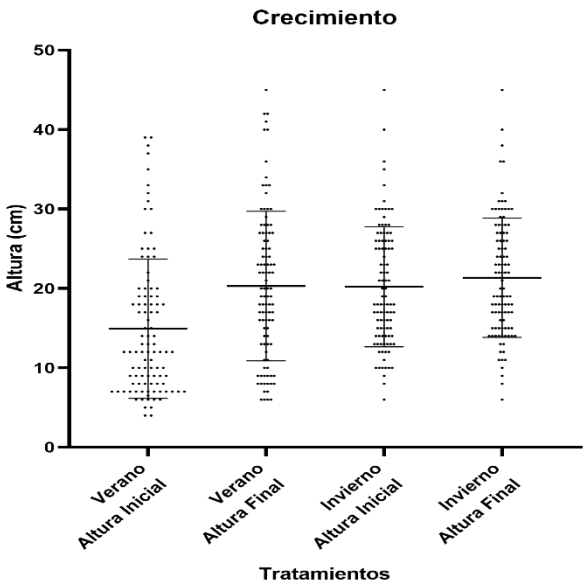


Figura *1* Análisis de altura inicial y final de los tratamientos de verano e invierno. Para la altura inicial entre condiciones de invierno y verano (p= 1.0, t= 0001, g.l.= 193.78). Para la altura final (p= 0.80, t= 0.38, g.l.= 188.54).

Peso seco y peso fresco

Las plantas de C. mexicana presentan un peso fresco promedio de 1.98 g en el tratamiento de verano, mientras que para el tratamiento de invierno el promedio fue de 2.12 g. El peso seco promedio en las condiciones de verano fue de 0.72 g y para las condiciones de invierno de 0.95 g.

En cuanto al peso fresco entre las condiciones de verano e invierno no existen diferencias significativas (p= 0.7, t= 0.58, g.l.= 171.42). En cuanto al peso seco entre las condiciones de verano e invierno no se encontraron diferencias significativas (p= 0.94, t= 0.11, g.l.= 159.36) como se observa en la Figura 2.

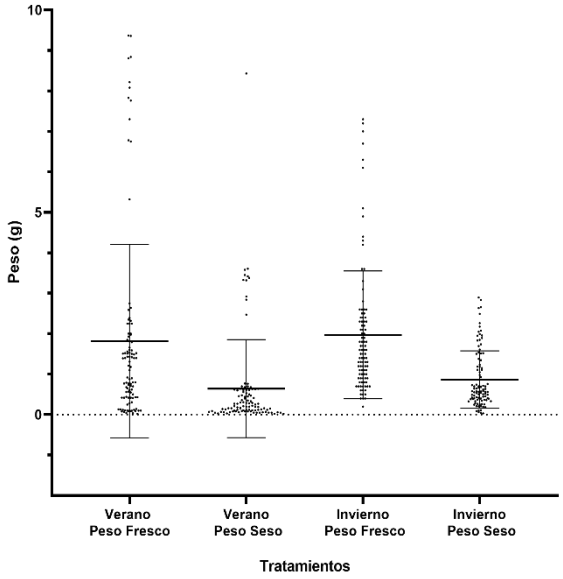


Figura *2* Análisis de peso fresco y seco de los tratamientos de verano e invierno. Para el peso fresco entre las condiciones de verano e invierno (p= 0.7, t= 0.58, g.l.= 171.42). Para el peso seco (p= 0.94, t= 0.11, g.l.= 159.36).

Rendimiento de aceite esencial

Se tuvo un rendimiento promedio del 5% de aceite esencial para el tratamiento de verano, mientras que el tratamiento de invierno tuvo un rendimiento del 3%. Se uso la siguiente formula obtenida de López De la Cruz (2015)

$$mP = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100$$

Donde:

M_1= Masa final de aceite esencial expresada en mililitros (ml).

M_2= Masa inicial del material vegetal expresada en gramos (g).

100 = Factor matemático

De los rendimientos de aceite esencial para las condiciones de verano en comparación a las de invierno, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (p= 0.14, t= 0.29, g.l.= 4.27), como se observa en la figura 3.

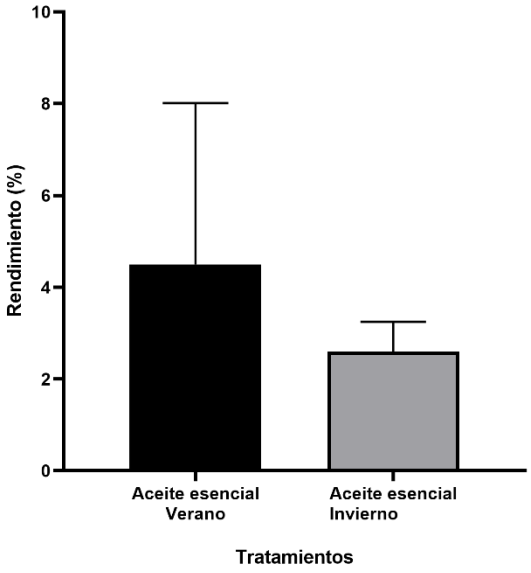


Figura 3 Rendimiento de los aceites esenciales de *C. mexicana* (%v/w) entre los tratamientos de verano e invierno (p= 0.14, t= 0.29, g.l.= 4.27).

En cuanto a los hidrolatos, el rendimiento promedio fue de 564% para el tratamiento de invierno, mientras que en el tratamiento de verano se obtuvo 721%. El rendimiento para los hidrolatos entre las condiciones de verano e invierno no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (p= 0.1, t= 0.21, g.l.= 5.12) como se aprecia en la figura 4.

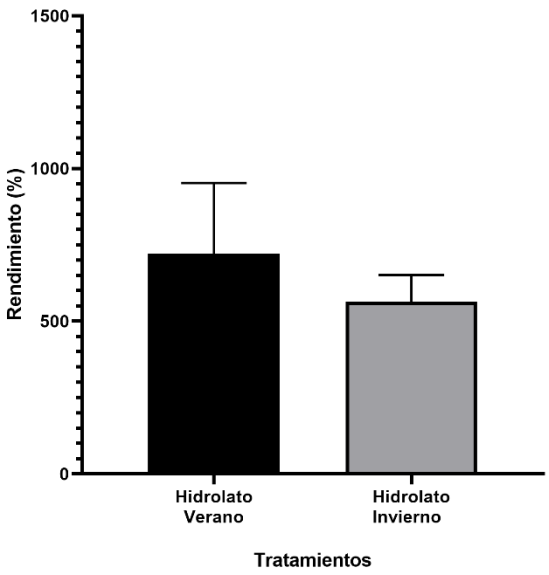


Figura 4 Rendimiento de los hidrolatos de *C. mexicana* (%v/w) entre los tratamientos de verano e invierno (p= 0.1, t= 0.21, g.l.= 5.12).

Capacidad Antioxidante por el método DPPH

El extracto de aceites esenciales e hidrolatos de *C. mexicana* no presenta diferencias significativas entre las condiciones de verano e invierno (p= 0.0015, α= 0.05, Figura 5).

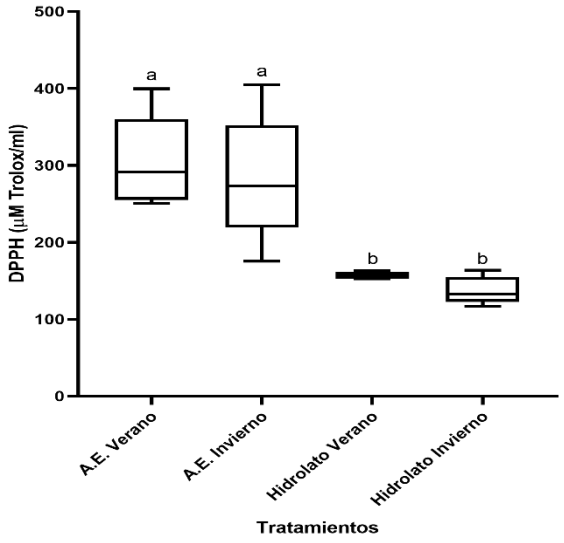


Figura 5 Actividad antioxidante DPPH para los extractos de aceites esenciales e hidrolatos, valor de p= 0.0015, valor de α= 0.05, las letras indican la diferencia en las medias.

Capacidad Antioxidante por el método FRAP

El extracto de aceites esenciales e hidrolatos de *C. mexicana* presenta diferencias significativas entre las condiciones de verano e invierno (p= 0.0003, α= 0.05, Figura 6).

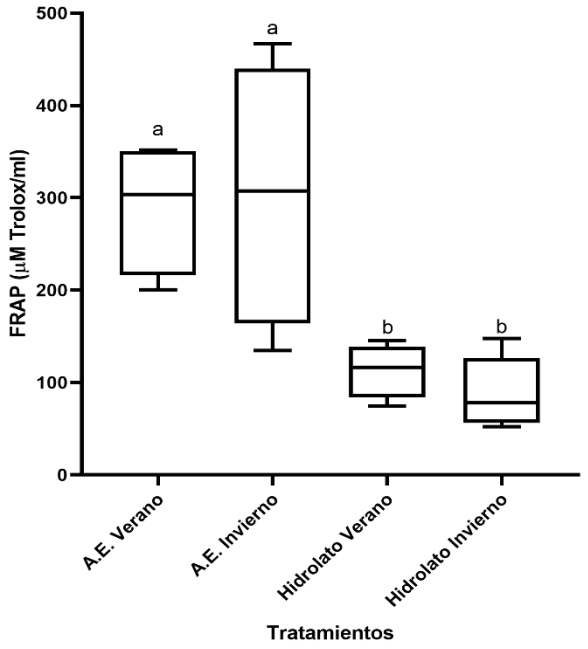


Figura 6 Actividad antioxidante FRAP para los extractos de aceites esenciales e hidrolatos, valor de p= 0.0003, valor de α= 0.05, las letras indican la diferencia en las medias.

Contenido de fenoles totales

El extracto de aceites esenciales e hidrolatos de *C. mexicana* no presenta diferencias significativas entre las condiciones de verano e invierno (p= 0.0069, α= 0.05, Figura 7).

Para el contenido de fenoles de aceite esencial no se encontraron diferencias significativas entre las condiciones de verano e invierno (p= 0.9236, α= 0.05, Figura 8).

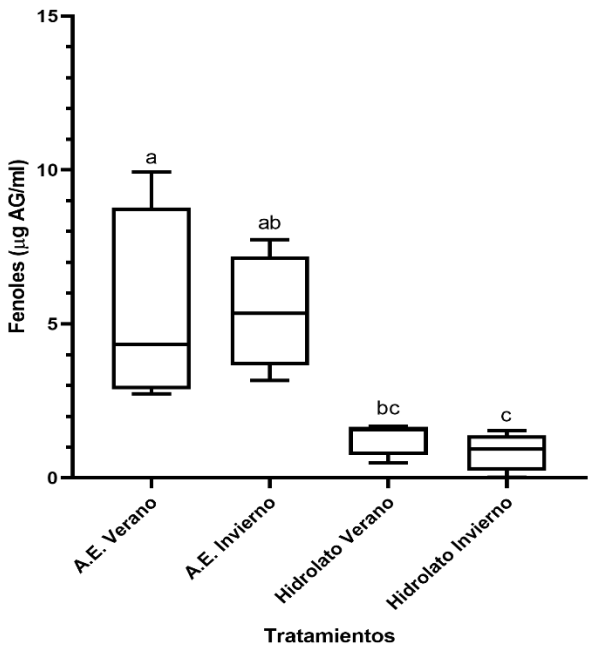


Figura 7 Contenido de fenoles totales para los extractos de aceites esenciales e hidrolatos, valor de p= 0.0069, valor de α= 0.05, las letras indican la diferencia en las medias.

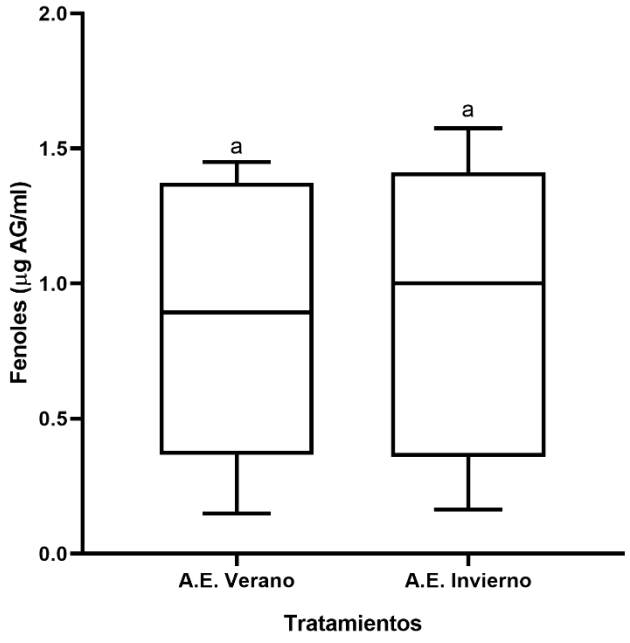


Figura 8 Contenido de fenoles totales para los extractos de aceites esenciales, valor de p= 0.9236, valor de α= 0.05, las letras indican la diferencia en las medias.

Discusión y conclusiones

Las condiciones a las que fueron sometidas las plantas de *C. mexicana* influyeron sobre el crecimiento que presentan, en invierno las plantas obtuvieron menor crecimiento en comparación a las condiciones de verano. Datos que concuerdan con lo propuesto por S.F. Hendawy (2018) al mencionar que la especie *M. piperita* var. *Multimentha* presento mayor crecimiento al someterla a temperaturas de 32.2 °C como máxima y mínima de 23.9 °C. C. mexicana tuvo alturas mayores en las condiciones de verano bajo temperatura de 27° C.

S.F. Hendawy (2018) menciona que para *M. piperita* var. *Multimentha* el peso fresco de la planta fue mayor en condiciones de humedad media 51.8 %, para C. mexicana, el peso fresco de las plantas fue mayor bajo condiciones de verano, ya que este tratamiento tiene una humedad de entre 60-70% en comparación de las condiciones de invierno que presentan menor humedad y menor peso fresco.

Para el rendimiento de aceite esencial S.F. Hendawy (2018) encontró que en las condiciones de alta temperatura y humedad obtuvo mayores rendimientos de aceite esencial de para *M. piperita* var. *Multimentha.* En las condiciones de verano, de igual manera tuvimos alta humedad y temperatura, por lo cual pudo influir en el rendimiento obtenido.

En cuanto a la capacidad antioxidante y polifenoles Gomez-Macias (2019), encontró que la capacidad antioxidante de los polifenoles de *C. mexicana* tiene un 75% de inhibición del radical DPPH, mientras que en FRAP tiene una inhibición del 67.02%. El contenido de fenoles condensado total determinado después de la purificación del extracto fue 18,25 mg / g-1 (± 1,64) de materia seca. Concordando con los datos obtenidos para DPPH se obtuvo mayor rango de inhibición en las condiciones de invierno, al que igual que en FRAP, en cuanto a los hidrolatos, se comportó de manera similar la inhibición tanto en DPPH como en FRAP. En cuanto al contenido de fenoles totales no hubo diferencia significativa entre las condiciones.

En este estudio se mostró que, al someter a *C. mexicana* a condiciones ambientales de verano, obtuvo mayor crecimiento y rendimiento de aceites e hidrolatos, en contraste con las condiciones de invierno. La capacidad antioxidante no mostró diferencias significativas para ambas condiciones. El contenido total de fenoles, no mostro diferencias significativas entre las condiciones.

Este trabajo aporta las condiciones ambientales para mayor rendimiento de aceites esenciales, en un esquema de cultivo de *Chrysactinia mexicana*. La capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles, no se ven afectos por las condiciones climáticas. Por lo que se recomienda cultivar *C. mexicana* con una temperatura de 27°C y fotoperiodo de 14/10 y una frecuencia de riego cada 4 días para obtener un rendimiento del 5% de aceite esencial.

Referencias

AM Mesa-Vanegas, S. Z.-U. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 1-10.

Calvo-Irabien, L. M. (2018). Native Mexican aromatic flora and essential oils: Current research status,. *Industrial Crops & Products*, 807-822.

E. Gomez-Macias, M. A.-B.-V.-A.-A.-C. (2019). Polyphenolic profile antioxidant potential and antimicrobial activity of *Chrysactinia mexicana* a. Gray (hierba de San Nicolas). *International Journy of Pharmacognosy*, 390-396.

Efrain A. Boom, J. A. (2018). Evaluación de la Actividad Antioxidante de Aceites Esenciales de Eucaliptos Cultivados en Colombia. *Información Tecnológica*, 57-66.

Karina Yaredi García-Hernández, H. M.-G.-C. (2015). This planttreatsthatillness? The hot–cold systemandtherapeutic. *Journal of Ethnopharmacology*, 12-30.

López De la Cruz, R. P., & Caso Orihuela, N. V. (2015). Rendimiento y Composición Química de Aceites Esenciales de *Eucalyptus archeri* y *Schinus molle* - Valle del Mantaro. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.

Meyer Torres G, S. O. (2018). Evaluación del rendimiento del aceite esencial de caléndula (*Calendula officinalis* L) obtenido por OAHD. *Revista Ion*, 13-19.

S.F. Hendawy, A. E. (2018). Growth, Yield and Chemical Composition of Essential Oil of *Mentha piperita* var. *multimentha* Grown Under Different Agro-ecological Locations in Egypt. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23-39.

Torrenegra Alarcón, M. E. (2015). Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales. *Revista Cubana de Farmacia*, 512-523.

Anatomía de Pteridofitas del Municipio de Querétaro

Braulio Zamora Aguilar[1], Mahinda Martínez y Díaz de Salas [2]

[1]babozamora27@gmail.com
[2]mahinda@uaq.mx

[1] y [2] Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

Resumen

Las Pteridophyta, helechos y afines, son plantas que se reproducen mediante esporas y tienen alternancia de generaciones independientes en su madures. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio anatómico de las pteridofitas del municipio de Querétaro, describiendo y categorizando los órganos y tejidos de cada una de las especies encontradas. Se hicieron recorridos en campo, colectando ejemplares y partes de órganos de las plantas para realizar cortes histológicos y observaciones con microscopio electrónico de barrido para su posterior análisis. Con cada una de las 25 especies: se obtuvieron cortes del rizoma, tallo, peciolo, lámina y estróbilo (pudiéndolos agrupar en distintas categorías); y se observaron a detalle en el microscopio electrónico de barrido las estructuras portadoras de los esporangios (soros, esporangióforos y estróbilos) y las esporas. El presente trabajo aborda, exclusivamente, las pteridofitas en el municipio de Querétaro y también, es el primero en tratar su anatomía; se observó que los órganos y tejidos estudiados en las diferentes especies están adaptados y son respuesta al hábitat en donde se encuentren creciendo

Palabras clave

Rizoma, peciolo, lámina, indusio, esporangio, espora.

Summary

Pteridophyta, ferns and relatives, are plants that reproduce by spores and have alternation of generations independent at maturity. The aim of this work is to carry out an anatomical study of the pteridophytes of Querétaro city, describing and categorizing the organs and tissues of each of the species found. Field trips were made, collecting specimens and some parts of the plant organs to make histological sections and observations with a scanning electron microscope for later analysis. With each of the 25 species: cuts of the rhizome, stem, petiole, lamina and strobilus were obtained (being able to group them into different categories); and were observed in detail in the scanning electron microscope the structures carrying the sporangia (sori, sporangiophores and strbili) and the spores. This work deals exclusively with the pteridophytes in the municipality of Querétaro and it is also the first to deal with their anatomy; It was observed that the organs and tissues studied in the different species are adapted and are a response to the habitat where they are growing.

Key words

Rhizome, petiole, lamina, indusium, sporangia, spore.

Introducción

Las Pteridophyta, helechos y afines, son plantas vasculares que se reproducen mediante esporas. Tienen en común con las Bryophyta (musgos) la reproducción por esporas y con las Spermatophyta (plantas que producen semillas) el sistema vascular, pero difiere de ambas por su alternancia de generaciones, donde, tanto el esporofito (fase dominante) como el gametofito (inconspicuo), son organismos independientes en su madurez (Martínez-Salas y Ramos, 2014).

Presentan tres ciclos de vida: a) ciclo isospórico, con esporas iguales y gametofitos monoicos; b) ciclo heterospórico, con esporas diferentes y gametofitos dioicos; y c) ciclo isospórico tipo *Equisetum*, con

esporas iguales y gametofitos dioicos (Arreguín-Sánchez et al., 2001).

Este grupo es uno de los más antiguos de las plantas terrestres, pues sus primeros registros datan de hace 380-360 millones de años durante el periodo Devónico (Pajarón y Pangua, 2012).

Debido a que sus esporas poseen una alta capacidad de dispersión presentan distribuciones muy amplias, pocas especies endémicas y tasas de evolución y extinción muy pequeñas. Tienen un gran potencial de autofertilización y sus ciclos de vida son dependientes de factores abióticos e independientes de factores bióticos complicados (Kirkpatrick, 2007).

Los helechos presentan diversidad en formas de vida: pueden ser plantas terrestres, trepadoras, acuáticas, epífitas o arborescentes. Su distribución está condicionada principalmente a factores de luz, temperatura y humedad, así, dependiendo de su tolerancia a éstos los podemos encontrar creciendo expuestos al sol o a la sombra, tanto en zonas áridas como húmedas o cuerpos de agua dulce o salobre (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009).

Son plantas cosmopolitas y estimaciones recientes sobre la diversidad de Pteridophyta a nivel mundial, calculan que existen entre 10,000 a 11,000 especies; habitando desde el nivel del mar hasta los 5000 m (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009). En México, se han descrito 1014 especies, en aproximadamente 124 géneros (Martínez-Salas y Ramos, 2014; CONABIO, 2018), y si se consideran factores como la posición geográfica, topografía y climas que tiene el país, es posible que se puedan descubrir entre 50 a 100 especies nuevas (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009). Para el último trabajo de helechos del estado de Querétaro se tiene registro de 175 especies en 48 géneros, con ningún registro para el municipio (Arreguín-Sánchez et al., 2001).

Área de estudio

El municipio de Querétaro tiene un área de 690 Km^2, lo que representa el 6% del total del territorio estatal. Las coordenadas externas del municipio son: al norte 20°55'42.24", al sur 20°31'24.6", al este 100°19'44.4"y al oeste 100°35'49.2". Colinda al norte y al oeste con el estado de Guanajuato, al este con el municipio de El Marqués y al sur con los municipios de Huimilpan y Corregidora (INEGI, s.f. prontuario).

El municipio se encuentra en dos provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico, con la subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, que ocupa 90.8% de la superficie total del municipio; y al norte, la Mesa del Centro con la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, abarcando el restante 9.2% de la superficie territorial (INEGI, s.f. prontuario).La altitud va desde los 1786 a los 2761 msnm (INEGI, s.f. mapa digital).

Existen tres tipos de climas predominantes en el municipio: semiseco templado que ocupa el 69.7% del territorio, semiseco semicálido que ocupa el 29% y templado subhúmedo en el 1.3% restante del territorio. La temperatura promedio anual es de 19 °C y la precipitación promedio anual es de 549 mm, con el 95% de las lluvias en verano y un marcado periodo de sequía entre noviembre y mayo (INEGI, s.f. prontuario).

En las zonas llanas de los bajíos, así como en las zonas de pendiente suave y laderas, se presentan vertisoles pélicos (vertisoles mazipélicos y agripélicos), suelos minerales de color negro o gris oscuro, de pH ligeramente alcalino, con alto contenido (entre 54-60%) de arcillas expandibles que se agrietan y son típicamente duras y masivas cuando están secas; este tipo de suelos tienen contenidos considerables (2-8%) de materia orgánica en la zona y una alta capacidad de retención de nutrientes. Estos vertisoles suelen presentar pedregosidad abundante en laderas y pies de monte (CONCYTEQ, 2002).

El municipio pertenece a la cuenca del Río Laja de la región hidrológica Lerma-Santiago, y a su vez, también, a las subcuencas: Río Apaseo, Río Laja-Celaya, Presa Ignacio Allende y Río Laja-Peñuelitas (INEGI, s.f. mapa digital; INEGI, s.f. prontuario).

El municipio pertenece a la Provincia Florística de la Altiplanicie, incluida en la Región Xerofítica Mexicana (Rzedowski, 2006). En él hay 7 tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio, matorral subtropical, matorral crasicaule, matorral xerófilo, bosque de encino, pastizal y bosque ripario (INEGI, s.f. prontuario). La pteridoflora del municipio se encuentra presente en todos los tipos de vegetación, excluyendo el pastizal.

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio anatómico de las pteridofitas del municipio de Querétaro, describiendo y categorizando los órganos y tejidos de cada una de las especies encontradas.

Metodología

Se realizaron recorridos intensivos para colecta y herborización de los helechos, revisando que tengan, preferentemente, estructuras reproductoras (el material colectado se depositó en el herbario QMEX.) (Sánchez-González y González-Ledesma, 2007). Los ejemplares se determinaron taxonómicamente basándose en la publicación de Arreguín-Sánchez y colaboradores (2001).

Para hacer los cortes histológicos, se colectaron en campo y se fijaron en metanol los distintos órganos: frondas, raquis, rizomas, tallos y estróbilos. Posteriormente se deshidrataron en una serie de alcohol etílico (etOH) y alcohol terbutílico (TBA) según Martínez y Díaz de Salas y Hernández Sandoval (1997), modificando el proceso en el tiempo de cada serie (cambiando los tejidos cada 2 semanas) y tiñendo con azul de toluidina durante 10 minutos.
Para observar las estructuras en el microscopio electrónico de barrido (modelo EVO-50 Carl Zeiss), las muestras colectadas se fijaron en metanol y se secaron a punto crítico pequeñas porciones del tejido.

Resultados

Las colectas se hicieron en cuatro tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio, matorral, bosque de encino y bosque ripario (Figura 1). Se lograron colectar 25 especies de 16 géneros y 8 familias (Figura 2).

La familia Pteridaceae, con 13 especies, es la más representativa (52% del total de las especies) siguiendo Polypodiaceae con 4 especies (16% del total de las especies). Los géneros más diversos son *Myriopteris* con 5 especies, *Pellaea* y *Selaginella* con 3 especies cada uno. Entre estos 3 géneros se encuentra el 44% de las especies colectadas (Figura 2).

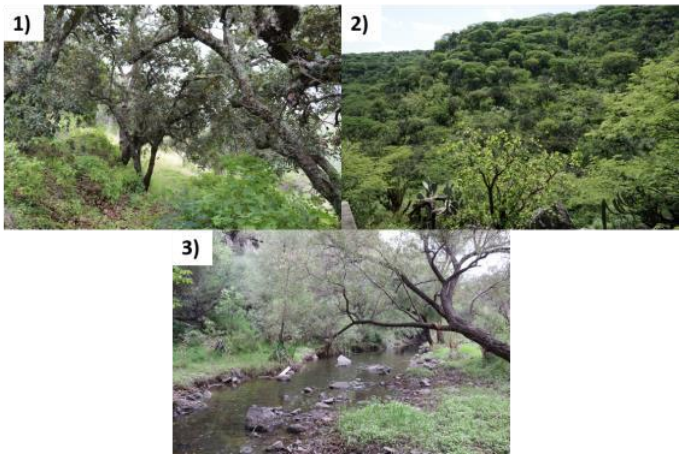
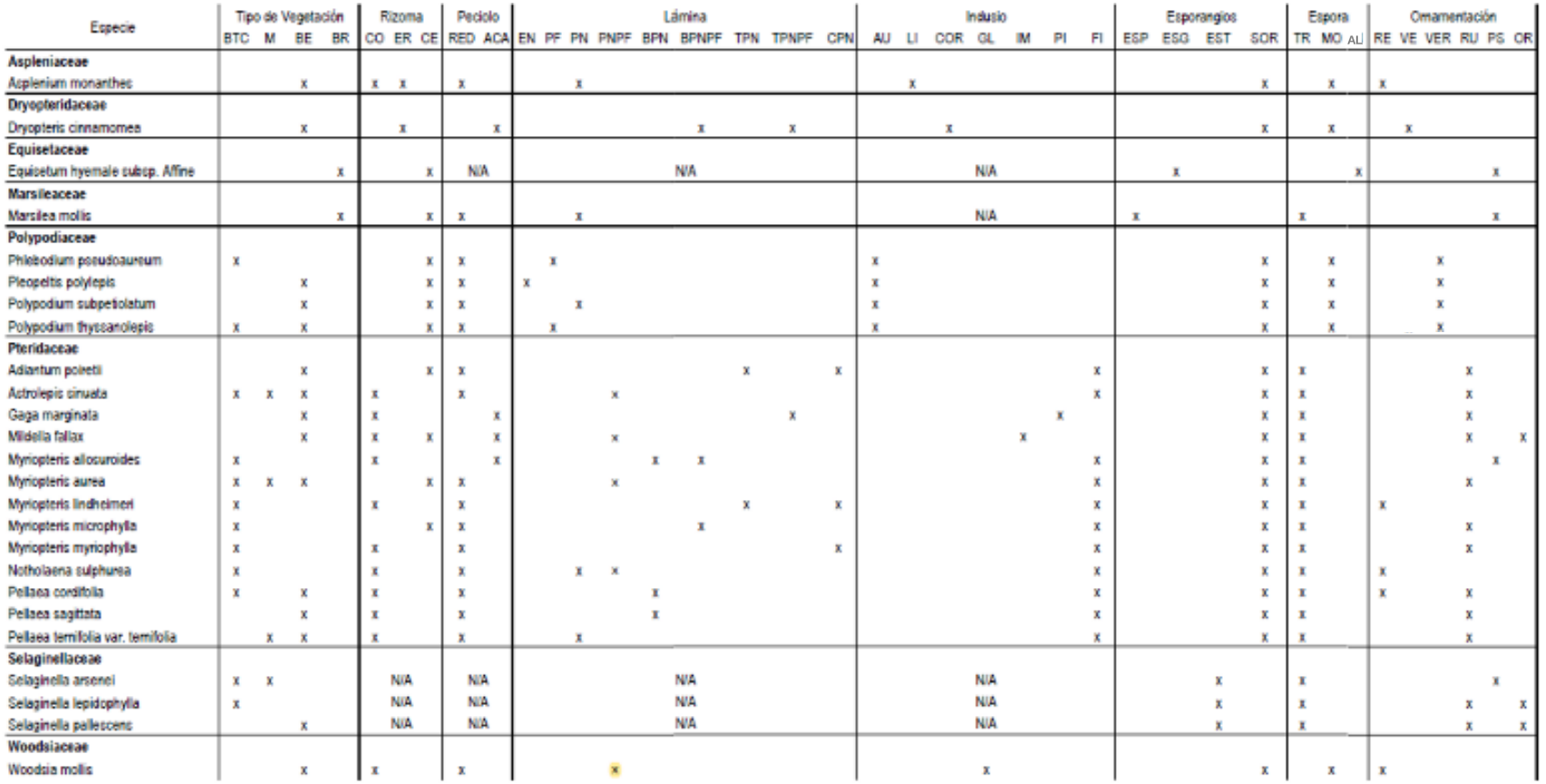


Figura 1. Vista general de 3 de los 4 tipos de vegetación donde se hicieron las colectas. 1) Bosque de encino; 2) Bosque tropical caducifolio; 3) Bosque ripario.

El bosque de encino es el tipo de vegetación con mayor diversidad de especies en el municipio, en él se colectaron 15 especies, 10 de las cuales son exclusivas; le sigue en diversidad el bosque tropical caducifolio con 12 especies, 8 de las cuales son exclusivas (Figura 2).



Especie	Tipo de Vegetación				Rizoma			Peciolo		Lámina									Indusio							Esporangios				Espora			Ornamentación					
	BTC	M	BE	BR	CO	ER	CE	RED	ACA	EN	PF	PN	PNPF	BPN	BPNPF	TPN	TPNPF	CPN	AU	LI	COR	GL	IM	PI	FI	ESP	ESG	EST	SOR	TR	MO	AL	RE	VE	VER	RU	PS	OR
Aspleniaceae																																						
Asplenium monanthes			x		x	x		x				x								x									x				x					
Dryopteridaceae																																						
Dryopteris cinnamomea			x			x			x						x		x				x								x				x					
Equisetaceae																																						
Equisetum hyemale subsp. Affine				x			x	N/A							N/A							N/A					x				x						x		
Marsileaceae																																						
Marsilea mollis				x			x	x				x										N/A				x				x							x		
Polypodiaceae																																						
Phlebodium pseudoaureum	x						x	x			x								x										x		x			x				
Pleopeltis polylepis			x				x	x		x									x										x		x			x				
Polypodium subpetiolatum			x				x	x				x							x										x		x			x				
Polypodium thyssanolepis	x		x				x	x			x								x										x		x			x				
Pteridaceae																																						
Adiantum poiretii			x				x	x								x		x							x				x					x				
Astrolepis sinuata	x	x	x		x			x					x					x							x				x					x				
Gaga marginata			x		x				x								x							x					x					x				
Mildella fallax			x		x		x		x				x										x						x					x			x	
Myriopteris allosuroides	x				x				x						x	x									x				x						x			
Myriopteris aurea	x	x	x				x	x					x												x				x					x				
Myriopteris lindheimeri	x				x			x								x		x							x				x				x					
Myriopteris microphylla	x						x	x							x										x				x					x				
Myriopteris myriophylla	x				x			x										x							x				x					x				
Notholaena sulphurea	x				x			x				x	x												x				x				x					
Pellaea cordifolia	x		x		x			x						x											x				x				x					
Pellaea sagittata			x		x			x						x											x				x									
Pellaea ternifolia var. ternifolia		x	x		x			x				x													x				x									
Selaginellaceae																																						
Selaginella arsenei	x	x				N/A			N/A						N/A							N/A						x		x							x		
Selaginella lepidophylla	x					N/A			N/A						N/A							N/A						x		x						x		x	
Selaginella pellescens			x			N/A			N/A						N/A							N/A						x		x						x		x	
Woodsiaceae																																						
Woodsia mollis			x		x			x					x								x								x			x						

Figura 2. Tabla comparativa del tipo de vegetación donde se encuentran las 25 especies de helechos estudiadas en el municipio de Querétaro y las características de sus distintos órganos y estructuras, **Tipo de vegetación** (donde fueron colectados los helechos): bosque tropical caducifolio **BTC**, matorral **M**, bosque de encino **BE**, bosque ripario **BR**. **Rizoma** (tipo de rizoma): compacto **CO**, erecto **ER**, cespitoso **CE**. **Peciolo** (forma del peciolo): redondo **RED**, acanalado **ACA**. **Lámina** (división de la lámina): entera **EN**, pinnatífida **PF**, pinnada **PN**, pinnada pinatífida **PNPF**, bipinnada **BPN**, bipinnada pinnatífida **BPNPF**, tripinnada **TPN**, tripinnada pinnatífida **TPNPF**, cuadripinnada **CPN**. **Indusio** (tipo de indusio): ausente **AU**, linear **LI**, cordado **COR**, globoso **GL**, inframarginal **IM**, pseudoindusio **PI**, falso indusio **FI**. **Esporangios** (tipo de agrupación de esporangios): esporocarpo **ESP**, esporangióforo **ESG**, estróbilo **EST**, soro **SOR**. **Espora** (tipo de espora): trilete **TR**, monolete **MO**, alete **AL**. **Ornamentación** (ornamentación de la espora): reticulada **RE**, vermiculada **VE**, verrugada **VER**, rugulada **RU**, psilada **PS**, con orbículas **OR**. No aplica **N/A**.

Se hicieron cortes transversales de los rizomas y peciolos (Figura 2) representando: rizomas compactos, erectos y cespitosos (Figura 3); y peciolos redondos y acanalados (Figura 4).

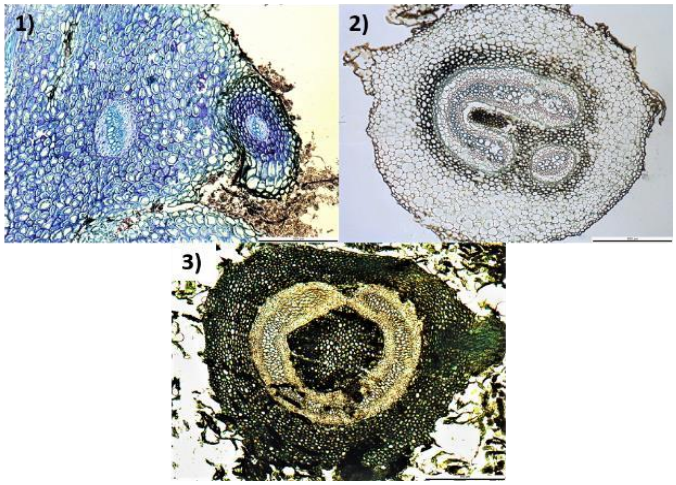


Figura 3. Cortes transversales representativos de los tipos de rizoma. 1) Rizoma erecto de *Dryopteris cinnamomea* 40x; 2) Rizoma cespitoso de *Adiantum poiretii* 40x; 3) Rizoma compacto de *Myriopteris lindheimeri* 40x.

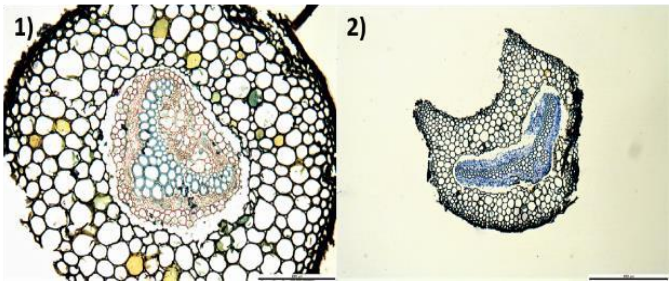


Figura 4. Cortes transversales representativos de los tipos de peciolos. 1) Peciolo redondo de *Notholaena sulphurea* 100x; 2) Peciolo acanalado de *Myriopteris allosuroides* 40x.

En cuanto a la división de la lámina se encontró una gran variedad, desde entera hasta cuadripinnada (Figura 2, Figura 5). En el caso de *Equisetum hyemale* subsp. *affine* sus hojas están reducidas a escamas y en las 3 especies del genero *Selaginella* sus hojas son micrófilas con una sola nervadura.

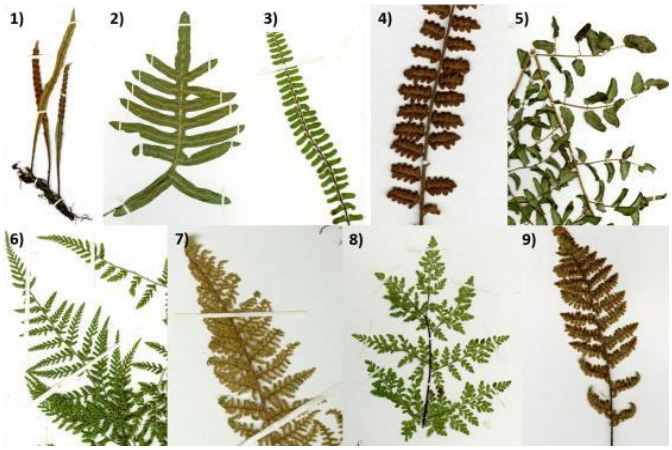


Figura 5. Ejemplos de la división de la lámina. 1) Entera, Pleopeltis polylepis; 2) Pinatífida, Phlebodium pseudoaureum; 3) Pinnada, Asplenium monanthes; 4) Pinnada pinatífida, Astrolepis sinuata; 5) Bipinnada, Pellaea sagittata; 6) Bipinnada pinatífida, Dryopteris cinnamomea; 7) Tripinnada, Myriopteris lindheimeri; 8) Tripinnada pinatífida, Gaga marginata; 9) Cuadripinnada, Myriopteris myriophylla.

De la lámina se realizaron cortes transversales y longitudinales para observar las características anatómicas (Figura 6).

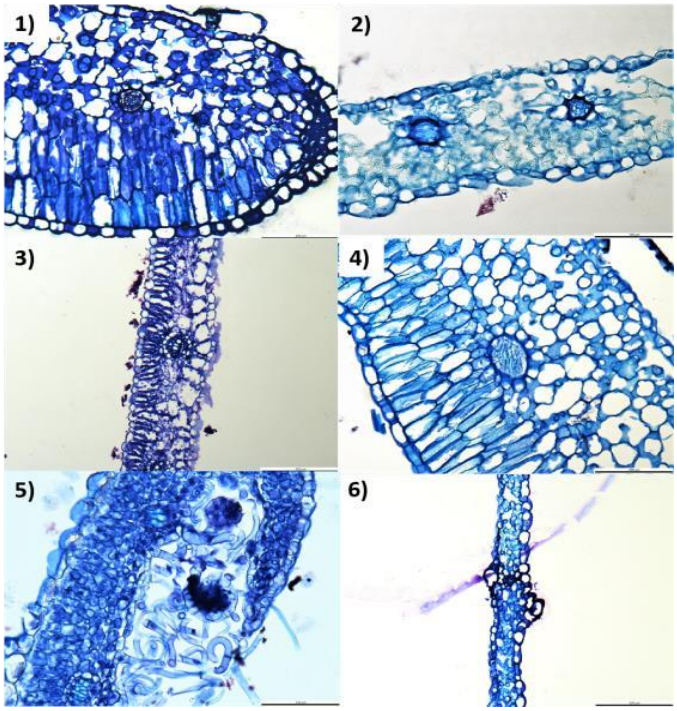


Figura 6. Cortes transversales (CT) y longitudinales (CL) de las láminas, representativos de cada familia. 1) CT *Asplenium monanthes*, 100x; 2) CL *Dryopteris cinnamomea*, 200x; 3) CT *Marsilea mollis*, 100x; 4) CT *Pleopeltis polylepis*, 100x; 5) CT *Myriopteris aurea*, 200x; 6) CT *Woodsia mollis*, 100x.

Se identificaron 7 tipos de indusios (estructuras epidérmicas protectoras de los esporangios cuando éstos están agrupados en soros) en los helechos estudiados (Figura 2, Figura 7). *Equisetum hyemale* subsp. *affine* presenta esporangióforos y las 3 especies de *Selaginella*, estróbilos (Figura 2, Figura 8).

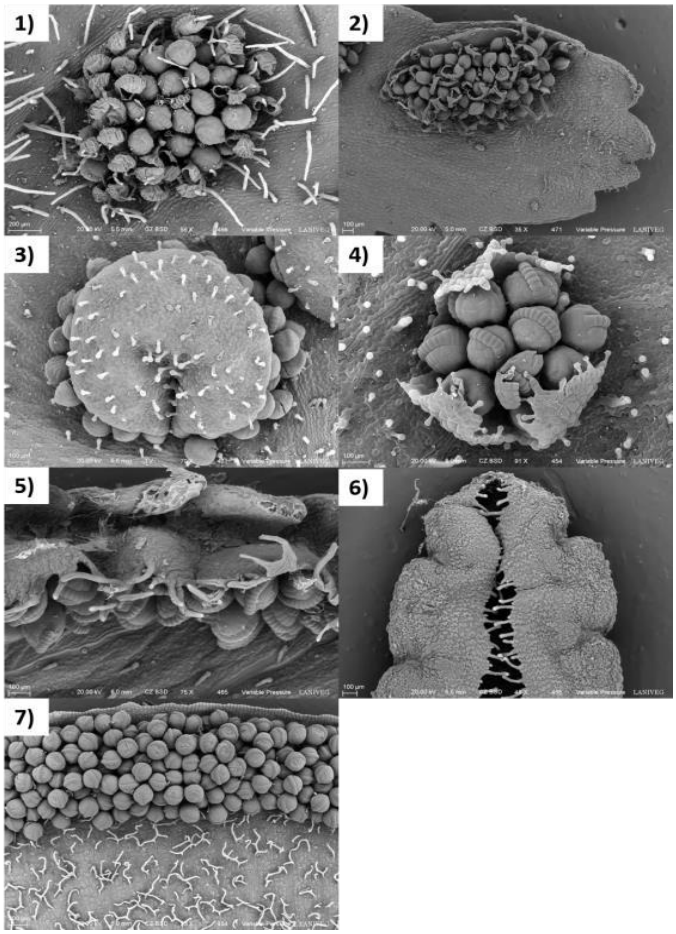


Figura 7. Imágenes de microscopio electrónico de barrido de los 7 tipos de indusios encontrados. 1) Indusio ausente de *Polypodium subpetiolatum*; 2) Indusio linear de *Asplenium monanthes*; 3) Indusio cordado de *Dryopteris cinnamomea*; 4) Indusio globoso de *Woodsia mollis*; 5) Indusio inframarginal de *Mildella fallax*; 6) Pseudoindusio de *Gaga marginata*; 7) Falso indusio de *Pellaea cordifolia*.

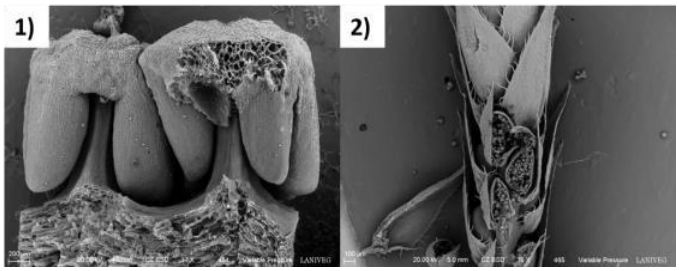


Figura 8. Imágenes de microscopio electrónico de barrido de esporangióforos y estróbilo. 1) Vista lateral de dos esporangióforos de *Equisetum hyemale* subsp. *affine*; 2) Estróbilo con corte longitudinal de *Selaginella pallescens*.

Se encontraron 3 tipos de esporas según su apertura: aletes, monoletes y triletes. En cuanto a la ornamentación se determinaron 6 formas dominantes (Figura 2, Figura 9).

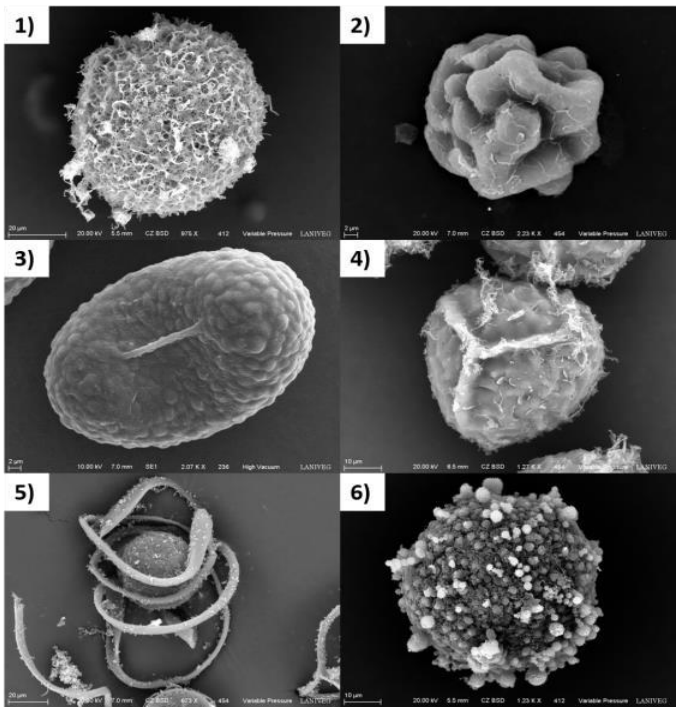


Figura 9. Imágenes de microscopio electrónico de barrido de esporas representando los 6 tipos dominantes de ornamentación. 1) Espora trilete reticulada de *Notholaena sulphurea*; 2) Espora monolete vermiculada de *Dryopteris cinnamomea*; 3) Espora monolete verrugada de *Pleopeltis polylepis*; 4) Espora trilete rugulada de *Pellaea ternifolia* var. *ternifolia*; 5) Espora alete psilada de *Equisetum hyemale* subsp. *affine*; 6) Espora trilete con orbículas de *Selaginella pallescens*.

Discusión

Pteridaceae es la familia en el municipio de Querétaro con mayor número de especies coincidiendo con lo observado en México, donde también Pteridaceae es la familia más diversa del país (Martínez-Salas y Ramos, 2014).

De los cuatro tipos de vegetación donde se hicieron las colectas, en el bosque de encino, al tener clima templado subhúmedo, con mayor humedad relativa (Pennington y Sarukhán, 2005) donde las pteridofitas se desarrollan mejor, se encontró la mayor diversidad, ya que este tipo de bosque contiene una alta riqueza de especies de helechos (Arreguín-Sánchez et al., 1996).

El rizoma cespitoso y los peciolos redondos son exclusivo en la familia Polypodiaceae, en tanto, Pteridaceae presenta peciolos redondos y acanalados; y rizomas compactos y cespitosos, pero no erectos.

En los cortes de las láminas se observó, de manera general a todos los helechos, que la epidermis adaxial (epidermis superior de la lámina, expuesta a la luz) es más gruesa que la epidermis abaxial (epidermis inferior de la lámina) y que los estomas (estructura localizada en la epidermis de las hojas y tallos que regula el intercambio gaseoso) sólo están presentes en la epidermis abaxial. Tener la epidermis que da la cara al sol más gruesa y sin estomas, podría ser un mecanismo para evitar perder agua y eficientar la fotosíntesis. Otro posible mecanismo para evitar la pérdida de agua que se observó en los cortes tanto de rizoma, peciolo y hojas fue la presencia de una banda circumendodermal (banda protectora de los haces vasculares, de células vivas con engrosamientos celulósicos y depósitos de taninos), presente por ejemplo en la familia Polypodiaceae y ausente en Pteridaceae. La ausencia de esta banda en Pteridaceae quizá se deba a que esta familia cuenta con otros mecanismos de protección, como el poiquilohídrismo (Richard, 1963).

Conclusiones

El presente trabajo aborda, exclusivamente, las pteridofitas en el municipio de Querétaro y también, es el primero en tratar su anatomía.

Se observó que los órganos y tejidos estudiados en las diferentes especies están adaptados y son respuesta al hábitat en donde se encuentren creciendo. Por ejemplo en el corte transversal de la hoja de *Marsilea mollis* se observa aerénquima, un tejido lleno de cámaras de aire característico de especies acuáticas.

También, por las discusiones presentadas de la anatomía de la hoja y el hallazgo de la presencia de la banda circumendodermal junto con el conocimiento previo de la existencia de helechos poiquilohídricos, realizar un estudio conjunto de ecofisiología y anatomía, resultaría muy interesante y complementario, ayudando a comprender mejor la biología de las pteridofitas.

Referencias bibliográficas

Arreguín Sánchez, M. L., Fernández-Nava, R., Rodríguez-Jiménez, C., y Rodríguez-Jiménez, A. (1996). Pteridofitas en el estado de Querétaro, México y su ubicación ecológica, *Polibotánica*, 3, 82-92.

Arreguín-Sánchez, M. L., Fernández-Nava, R., Palacios-Chávez, R., y Quiroz-García, D. L. (2001). *Pteridoflora ilustrada del estado de Querétaro, México*, México D.F., México: Instituto Politécnico Nacional.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2018). Recuperado de: https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/helechos/helechos.html

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro CONCYTEQ. (2002). Uso actual y potencial del suelo en los municipios conurbados de Querétaro. Reporte Técnico 5. En *Centro Queretano de Recursos Naturales*.
ISBN 968-5402-07-8. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. (Sin fecha). Mapa Digital de México en línea. Consultado en diciembre, 2019 de: http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAxLjUwMDAwLHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. (Sin fecha). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Querétaro, Querétaro. México en Cifras. Recuperado en diciembre, 2019 de: https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=22

Kirkpatrick, R. E. B. (2007). Investigating the Monophyly of *Pellaea* (Pteridaceae) in the Context of a Phylogenetic Analysis of Cheilanthoid Ferns, *Systematic Botany*, 32(3), 504–518.

Martínez y Díaz de Salas, M., y HernándezSandoval, L. (1997). *Manual de prácticas de laboratorio del curso Botánica*, Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro.

Martínez-Salas, E., y Ramos, C. H. (2014). Biodiversidad de Pteridophyta en México, *Revista Mexicana de Biodiversidad,* 85, 110113.

Mendoza-Ruiz, A. y Pérez-García, B. (2009). *Helechos y licopodios de México*. *Volumen I*, México D.F., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Pajarón, S., y Pangua, E. (2012). Helechos. En Vargas, P., y Zardoya, R. (Ed.), *El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos*. (pp. 96-105). Madrid, España: Impulso Global Solutions, S.A.

Pennington, T. D., y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*, Ciudad de México, México: Fondo de Cultura Económica.

Richard, H. H. (1963). Adaptations of Cheilanthoid Ferns to Desert Environments, *Journal of the Arizona Academy of Science*, 2(4), 164-175.

Rzedowski, J. (2006). Provincias Florísticas. En Rzedowski, J. (Ed.), *Vegetación de México*. (pp. 104-121). México D. F., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sánchez-González, A., y González-Ledesma, M. (2007). Técnicas de recolecta de plantas y herborización. En A. Contreras-Ramos., C. Cuevas-Cardona., I. Goyenechea., y U. Iturbe. (Ed.), *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*. (pp. 123-133). Pachuca, México: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.

Evaluación de espermatozoides ovinos criopreservados adicionando dosis reducidas de plasma seminal bovino

Ana Laura Zarraga-González[1*], Héctor Raymundo Vera-Ávila[1*], Luis Javier Montiel-Olguín[2], Héctor Jiménez-Severiano[2], Germinal Jorge Cantó-Alarcón[1], Eleazar Pérez-Trejo[1]

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la viabilidad posdescongelado de espermatozoides ovinos criopreservados adicionando plasma seminal bovino en dosis reducidas al medio extensor. Se colecto semen de carneros adultos de la raza Black Belly con fertilidad probada, estos se fraccionaron y se diluyeron de acuerdo a los tratamientos. Los niveles de adición de plasma seminal bovino fueron 0% (T0), 1.5% (T1), 3% (T2), 4.5% (T3), los cuales se agregaron a un diluyente comercial para después ser procesados y congelados. Se evaluó por medio de un sistema de análisis de semen auxiliado por computadora (CASA) motilidad total (MT), motilidad progresiva (MP), velocidad de trayecto (VT), velocidad de vía (VV), índice de linealidad (IL), y porcentaje de anormalidades totales (AT). Además, se realizó evaluación de la Integridad funcional de la membrana espermática por medio de la prueba de expansión hipo-osmótica HOST (H+). El nivel de plasma seminal tuvo efecto sobre las variables velocidad progresiva, velocidad de trayecto, velocidad de vía. Además, se analizó el porcentaje celular con integridad de membrana H+ (46.39^{b} %, 45.20^{a}%, 45.16^{a}%,47.72^{c}%; $p < 0.001$) donde la adición de plasma seminal al 4.5% tuvo un efecto mayor incrementando la integridad de membrana con respecto a los otros tratamientos. Lo anterior nos sugiere que una concentración de 4.5% de plasma seminal bovino puede ser utilizado como aditivo en la criopreservación de espermatozoides ovinos.

Palabras clave: plasma seminal, criopreservación, semen de carnero, integridad de membrana.

Abstract

The objective of this work was to determine the post-thaw viability of cryopreserved ovine spermatozoa by adding bovine seminal plasma in reduced doses to the extender medium. Semen was collected from adult rams of the Black Belly breed with proven fertility, these were divided and diluted according to the treatments. The levels of addition of bovine seminal plasma were 0%, (T0), 1.5% (T1), 3% (T2), 4.5% (T3), which

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

[2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Querétaro, México

***Autores correspondientes:**
mvzzarraga@gmail.com
hector.raymundo.vera@uaq.mx

were added to a commercial diluent to later be processed and frozen. Total motility (MT), progressive motility (MP), path velocity (VT), path velocity (VV), linearity index (IL), was evaluated by means of a computer-aided semen analysis system (CASA). and percentage of total abnormalities (AT). In addition, evaluation of the functional integrity of the sperm membrane was carried out by means of the hypo-osmotic expansion test HOST (H +). The seminal plasma level had an effect on the variables progressive speed, travel speed, and track speed. In addition, the cell percentage with H + membrane integrity was analyzed (46.39b%, 45.20a%, 45.16a%, 47.72c%; p <0.001) where the addition of seminal plasma at 4.5% had a greater effect increasing the integrity of membrane with respect to the other treatments. The foregoing suggests that a concentration of 4.5% of bovine seminal plasma can be used as an additive in the cryopreservation of sheep sperm.

Key words: seminal plasma, cryopreservation, ram semen, membrane integrity.

Introducción

A lo largo de varias décadas se han estudiado aspectos importantes en la criopreservación de semen ovino, sobre todo las características relacionadas con mejoras en los protocolos de dilución y congelación, cualidades que son tendientes a aumentar la cantidad de dosis de inseminación por eyaculado.

La supervivencia de los espermatozoides tanto al proceso de congelación como el de descongelación es importante, debido a que durante el procedimiento el daño físico, bioquímico y estructural provoca deterioro en el acrosoma y en el citoplasma, este tipo de daños son menos severos en los espermatozoides de toro que en los de carnero (Ntemka et al., 2018). Se ha argumentado que dicha susceptibilidad en los espermatozoides de carnero está dada por su alto contenido de fosfolípidos insaturados y bajo contenido de colesterol presentes en la membrana plasmática (Sangeeta et al., 2015). Al ser expuestas las células espermáticas a temperaturas de congelación se fusionan el acrosoma y la membrana celular (reacción acrosómica), desencadenando la perdida de la viabilidad, motilidad y una disminución irreversible de la actividad metabólica (Castro et al., 2016).

El deterioro de las células espermáticas sometidas a procesos de criopreservación ha sido disminuido mediante la adición de diluyentes con sustancias crioprotectoras y aditivos como el plasma seminal (Vargas et al., 2019). Campanholi et al. (2017) definen al plasma seminal como una secreción producida por las glándulas sexuales accesorias del macho, es agregado a los espermatozoides durante el trayecto a través de la uretra durante la emisión/eyaculación. El 50-70% de las proteínas contenidas en el plasma seminal bovino están representadas por una familia de proteínas de unión a fosfolípidos denominadas BSP (Bovine Seminal Plasma), en comparación con sus homólogos en la especie ovina, proteínas RSP (Ram Seminal Plasma) que representan cerca del 30%. Se ha argumentado que en las diversas especies animales los homólogos de las proteínas de plasma seminal desempeñan funciones similares (Plante, 2014).

Durante la eyaculación las proteínas del plasma seminal se agregan al

espermatozoide en la superficie de su membrana, las funciones del plasma seminal son actuar como amortiguador para el mantenimiento de la presión osmótica ideal, protección de la membrana plasmática, e inhibición de la capacitación prematura de los espermatozoides, interviene en la protección de la fagocitosis y evita el daño en condiciones inflamatorias en el tracto de la hembra, además de facilitar la interacción ovulo-espermatozoide (Swelum et al., 2018).

Observaciones previas refieren que las diferencias en la fertilidad entre individuos con una calidad espermática aparentemente similar podrían deberse a variaciones en la composición del plasma seminal y su efecto tanto en los espermatozoides, como en el tracto genital de la hembra (Nongbua et al., 2017)

Se ha afirmado que este deterioro producido por el proceso de criopreservación es aminorado cuando se adiciona plasma seminal bovino al medio utilizado como diluyente (Vargas-Menendez et al., 2019). Esta adición puede brindar cierta protección en materia de congelación de células espermáticas para inseminación artificial (Bedford, 2015). Estudios realizados por Rickard et al. (2016), describen que la fuente y la composición del plasma seminal tiene relación en la variación de la resistencia a la congelación en los espermatozoides de carnero.

Investigaciones previas argumentan que la adición de una concentración de 5% de plasma seminal bovino al semen de carnero mejoró la motilidad progresiva posdescongelado y la integridad de membranas valorada a través de la Prueba de Hinchazón Hiposmótica. Por lo cual, se sugiere que presenta potencial al utilizarse como aditivo durante la dilución ya que aumenta la viabilidad posdescongelado (Vargas-Menéndez et al., 2019).

En este estudio se pretende evaluar el efecto que se produce al adicionar plasma seminal bovino a niveles de concentración menores al 5% y valorar características como la motilidad progresiva, integridad, estabilidad funcional de la membrana celular de carnero sometidos a congelación y posterior descongelación. Con el objetivo de potencializar el uso como reproductores a carneros genéticamente sobresalientes al aumentar el número de dosis por eyaculado.

Metodología

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Reproducción Animal de la Unidad Amazcala, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Como donadores de plasma seminal bovino se usaron toros adultos, con evaluación de la viabilidad espermática post-descongelado ≥85%, residentes de la unidad comercial LIMPER Congelaciones Profesionales S.A. de C.V. Los eyaculados se centrifugaron a 4°C por 15 min a 2 000 rpm y el sobrenadante obtenido se centrifugo nuevamente a 10 000 rpm durante 60 min para la obtención del plasma seminal, el cual posteriormente se almacenó a -70°C.

Como donadores de semen se utilizaron 4 carneros de raza Black Belly, en etapa adulta, clínicamente sanos y con fertilidad normal en condiciones de monta natural. El diluyente/extensor para procesamiento fue en todos los casos de tipo comercial (OPTIDYL, CRYO-VET) con adición de plasma seminal en los siguientes niveles 0% (T0), 1.5% (T1), 3.5% (T2) y 4.5% (T4), realizando 10 repeticiones en cada uno de los

tratamientos. En cada una de las réplicas y sus repeticiones se colectaron eyaculados por medio de vagina artificial, en las cuales el eyaculado o "pool" de eyaculados se fracciono para emplear en cada uno de los tratamientos y así controlar el efecto del eyaculado.

El proceso de extensión se realizó en un solo paso, obteniendo una concentración de 200 x 10^6 células espermáticas/ml. Se realizó el enfriamiento de 37 a 4 °C, en un tiempo de 4 h y posteriormente un tiempo de equilibrio de 18 h, posterior envasado y etiquetado en pajillas de 0.25 ml y congelación en vapor de nitrógeno.

Para determinar la sobrevivencia y funcionalidad de las células espermáticas post-descongelado se evaluó por medio de un sistema de análisis de semen auxiliado por computadora CASA (IVOS II Animal-Hamilton Thorne™); motilidad total (MT), motilidad progresiva (MP), porcentaje de espermatozoides estáticos (EE), velocidad de trayecto (VT), velocidad de vía (VV), índice de linealidad (IL), y porcentaje de anormalidades totales (AT). Además de la evaluación de la Integridad funcional de la membrana espermática por medio de la prueba de expansión hipo-osmótica HOST (H+).

El análisis estadístico se realizó por ANDEVA para un diseño de bloques completamente aleatorizados, considerando como único factor al tratamiento, se consideró necesario hacer transformaciones de las variables de respuesta expresados como porcentaje al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción para normalizarlas.

Resultados

En los resultados de las variables de movimiento obtenidos por el sistema de análisis computarizado CASA se observa que la velocidad progresiva (VP), la velocidad de trayecto (VT) y la velocidad de vía (VV) fueron afectadas por la adición de plasma seminal ($p \leq 0.05$). Mientras que para la prueba de expansión hipo-osmótica se observa un aumento en la hinchazón (H+) como efecto del incremento en la concentración de plasma seminal bovino adicionado, reflejando un aumento de la integridad funcional de la membrana espermática, las variables restantes no fueron influenciadas por el tratamiento.

Cuadro 1. Evaluación de motilidad total (MT), motilidad progresiva (MP), velocidad progresiva (VP), velocidad de trayecto (VT), velocidad de vía (VV), índice de linealidad (LI), anormalidades totales (AT) e hinchazón hipo-osmótica (H+) en espermatozoides de carnero post descongelación con adición de plasma seminal al diluyente para congelación de 0% (T0), 1.5% (T1), 3% (T2) y 4.5% (T3).

VARIABLE	T0	T1.5	T3	T4.5	e.e.m.	P
MT (%)	58.1	59.0	59.3	58.7	1.2	0.990
MP (%)	12.4	12.4	12.1	13.9	0.6	0.699
VP (µm/seg)	51.19^{b}	49.3^{b}	46.28^{ab}	41.34^{a}	1.1	0.008
VT (µm/seg)	73.08^{b}	70.65^{b}	65.26^{b}	41.34^{a}	1.7	< 0.001
VV (µm/seg)	152.51^{b}	146.03^{b}	134.95^{b}	41.34^{a}	4.9	< 0.001
LI (%)	38.2	39.2	41.6	41.3	0.8	0.307
AT (%)	4.5	4.8	4.4	3.6	0.2	0.158
H+ (%)	46.39^{b}	45.20^{a}	45.16^{a}	47.72^{c}	0.2	< 0.001

Nota: Literales diferentes dentro de filas indican diferencia estadística.

Discusión

Durante el proceso de congelación y descongelación de espermatozoides ocurre un evento de desestabilización de la membrana, los resultados nos señalan que este deterioro puede ser minimizado y/o reparado cuando se adiciona plasma seminal bovino durante el proceso de dilución y posterior criopreservación de células espermáticas ovinas. La concentración que

mostro un efecto de protección fue la de 4.5% (T3), correspondiente a lo que encontraron Vargas-Menéndez et al. (2019) en su investigación. Los autores anteriores señalan que una concentración de 5% proporciona un aumento en la viabilidad de los espermatozoides ovinos posterior al descongelado.

Conclusiones

El uso de plasma seminal bovino en una concentración de 4.5% contribuye a un aumento de la integridad funcional de la membrana de espermatozoides de carnero criopreservados, por lo tanto, se sugiere su uso como aditivo durante la dilución y posterior preservación, ya que no altera parámetros de motilidad en los espermatozoides.

Referencias bibliográficas

Bedford, J. M. (2015). The Functions—or Not—of Seminal Plasma?, Biology of Reproduction, 92(1), 1–3.

Campanholi, S. P., Monteiro, F. M., Ribeiro Dias, E. A., Mercadante, M. E. Z., De Paz, C. C. P., Dell'Aqua-Junior, J. A., Garcia, J. M. (2017). Effect of seminal plasma removal before cryopreservation of bovine semen obtained by electroejaculation on semen quality and in vitro fertility. Theriogenology, 89, 114–121.

Castro, L. S., Hamilton, T. R. S., Mendes, C. M., Nichi, M., Barnabe, V. H., Visintin, J. A., Assumpção, M. E. O. A. (2016). Sperm cryodamage occurs after rapid freezing phase: flow cytometry approach and antioxidant enzymes activity at different stages of cryopreservation. Journal of Animal Science and Biotechnology, 7(1), 17.

Nongbua, T., Guo, Y., Edman, A., Humblot, P., Morrell, J. M. (2017). Effect of bovine seminal plasma on bovine endometrial epithelial cells in culture. Reproduction in Domestic Animals, 53(1), 85–92.

Ntemka, A., Tsakmakidis, I., Kiossis, E., Milovanovic, A., Boscos, C. (2018). Current status and advances in ram semen cryopreservation. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. 69, 911-924.

Plante, G. (2014). Binder of SPerm (BSP) Proteins in the Male Reproductive Tract of Farm Animals. 9th Biennial Conference of the Association for Applied Animal Andrology. Newcastle, Australia.

Rickard, J. P., Schmidt, R. E., Maddison, J. W., Bathgate, R., Lynch, G. W., Druart, X., & de Graaf, S. P. (2016). Variation in seminal plasma alters the ability of ram spermatozoa to survive cryopreservation. Reproduction, fertility, and development, 28(4), 516–523.

Sangeeta, S., Arangasamy, A., Kulkarni, S., Selvaraju, S. (2015). Role of amino acids as additives on sperm motility, plasma membrane integrity and lipid peroxidation levels at pre-freeze and post-thawed ram semen. Animal Reproduction Science, 161, 82-88.

Swelum, A., Saadeldin, I., Bahadi, M., Afifi, M., Al-Mutary, M., & Al-Owaimer, A. (2018). The effect of heterologous seminal plasma from ram, buck or camel on the freezability of ram semen. Veterinární Medicína, 63.

Vargas-Menéndez, X., Andrade-Montemayor H., Jiménez-Severiano, H.,

Montiel-Olguín, L. J, Gómez-Soto, J. G., Vera-Ávila H. R. (2019). Evaluación del efecto de plasma seminal hetero específico (bovino a ovino) sobre la congelabilidad de semen de carnero. Revista Académica de Ciencias Pecuarias, 17(supl 1), 358-360.

8° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

BLOQUE
CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

ÍNDICE

1 **TRABAJO SOCIOEMOCIONAL CON PADRES: EXPERIENCIAS DURANTE CONFINAMIENTO POR COVID-19**
Sasha Barke Morales; Ana Alejandra Chávez Alvarado; Ana Cecilia Herrera Ortiz; Aseneth Juanillo Barajas

2 **FACEBOOK PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL: ANÁLISIS DE UN CURSO SOBRE FAST FASHION**
Viridiana Carranza Valencia; Diana Laura Chávez Hernández; Luz Mariana Esquivel Morales; SusanaGómez Herrera; Paulina Ocampo Arriaga; Jaquelin Pérez Arvizu; María Fernanda Piñones Quintero; Daniela Fernanda Pozos Ponce

3 **DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DEL VALOR POSICIONAL EN UN AULA MULTIGRADO DE SEGUNDO CICLO**
Fátima del Carmen Castañeda Hernández; Erika García Torres

4 **IDENTIDAD DE JÓVENES UNIVERSITARIOS FRENTE A LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES**
Erick Daniel Cruz Mendoza; Miriam Herrera Aguilar

5 **EVENTOS ADVERSOS EN LA INFANCIA: SECUELAS EN LA ADOLESCENCIA**
Daniela De Anda Estrada; Gloria Nélida Avecilla Ramírez; Cintli Carolina Carbajal Valenzuela

6 **LA UTOPÍA DEL DISEÑO UNIVERSAL EN LA BÚSQUEDA UN DISEÑO MÁS CERCANO AL HUMANO**
Jhonathan Dokins Milian

7 **SORORIDAD CIBERNÉTICA FRENTE A LA VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES**
Ana Paola Galván Serrano; Patricia Westendarp Palacios

8 **LA POPULARIDAD DE AMLO SEGÚN SU DESEMPEÑO**
Scarlette Justin Gutiérrez Farías

9 **POLÍTICA LABORAL PARA JÓVENES Y ECONOMÍAS LOCALES: PRIMEROS RESULTADOS DE JÓVENES CONSTRUYENDO EL FUTURO**
Paulina Hernández Mendoza; Enrique Leonardo Kato Vidal

10 **TECNOLOGÍAS ECO-AMIGABLES BASADAS EN ALMIDÓN Y FIBRAS DE DESECHO**
Gissel Hernández Pérez; Zaira Itzel Hernández Rufino; Mónica Balvanera Ortuño López; María Teresa López Ostria

11 **EDUCACIÓN EMOCIONAL DIRIGIDA A DOCENTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA**
María Guadalupe Jara Morales; Miriam Lizet Martínez Lisarraga

12 **LA EDUCACIÓN SOCIOEMOCIONAL EN NIVEL PRIMARIA**
Adrián Jiménez Urbina; Jorge Luis Júarez Castro

13 **CONCIENCIA HISTÓRICA Y PROYECCIÓN PROFESIONAL EN LA NIÑEZ**
Carolina Pacheco Espinosa

14 **MARCACIÓN DIFERENCIAL DE OBJETO EN EL ESPAÑOL MEXICANO**
Paola Xadani Peña Bolaños; Juliana De la Mora Gutiérrez

16 **HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA EDUCACIÓN SEXUAL INTEGRAL EN QUERÉTARO**
Ana Patricia Ponce Castañeda

16 **NIVEL DE INTERPRETACIÓN DE LA IRONÍA Y DESARROLLO MORAL**
Ana Karina Salinas García; Karina Hess Zimmermann; Gloria Nélida Avecilla Ramírez

17 **EL ABANDONO DE LAS MUJERES PRIVADAS DE LA LIBERTAD**
Viridiana Sosa Márquez; Sulima del Carmen García Flconi

18 **LA PUBLICIDAD DE SORIANA DESDE UNA PERSPECTIVA DE GÉNERO**
Dafne Vianet Vázquez Zepeda; Rosario Barba González

Trabajo socioemocional con padres: experiencias durante confinamiento por Covid-19.

Autores:
Barke Morales Sasha
Chavez Alvarado Ana Alejandra
Herrera Ortiz Ana Cecilia
Juanillo Barajas Aseneth.
Universidad Autónoma de Querétaro.
Contacto: sbarke28@alumnos.uaq.mx

Asesora:
Dra. Ochoa Cervantes Azucena de la Concepción
Docente investigadora de la facultad de Psicología de la
Universidad Autónoma de Querétaro.
Contacto: azus@uaq.mx

Resumen

La pandemia por SARS-CoV-2 ha provocado que actividades cotidianas como la educación, tuvieran que trasladarse a los hogares, haciendo evidentes las diferentes dificultades en el quehacer educativo y sobre todo, enfocar nuestra atención en las deficiencias emocionales de la población. Después de un sondeo a docentes de primaria para identificar las necesidades con relación a la educación socioemocional durante el periodo de educación a distancia se crearon materiales didácticos dirigidos a madres y padres de familia con el objetivo de proporcionarles herramientas teórico-prácticas que les ayudarán a reconocer y manejar sus emociones y las de sus hijos en estas difíciles circunstancias, y a su vez, con su ayuda, cubrir las aristas en materia de educación emocional que las instituciones de educación básica están dejando de lado. Se distribuyó el material a 20 madres para ponerlo en práctica. Posteriormente las participantes evaluaron el contenido y la funcionalidadbasadas en los resultados obtenidos con los materiales.

Los resultados indican que el 64.3% logró identificar sus emociones y las de sus hijos y 71.4% notó mejoría en su relación madre-hijo, por lo tanto, mayoritariamente se cumple con el objetivo de que los materiales tuvieran un impacto tanto positivo como funcional en el manejo de habilidades socio emocionales de las madres con sus hijos.

Palabras clave

Covid-19, desarrollo socioemocional, confinamiento, educación emocional, trabajo con padres y madres.

Abstract

The SARS-CoV-2 pandemic has caused daily activities such as education to be at home, making evident the different difficulties in educational work and above all, focusing our attention on the emotional deficiencies of the population. After a survey of primary school teachers to identify the needs in relation to socio-emotional education during the distance education period, didactic materials were created aimed at mothers and fathers with the aim of providing them with theoretical-practical tools that will help them to recognize and manage their emotions and those of their children in these difficult circumstances, and in turn, with their help, cover the edges in terms of emotional education that basic education institutions are leaving aside. The material was distributed to 20 mothers to put it into practice.

Subsequently, the participants evaluated the content and functionality based on the results obtained with the materials.

The results indicate that 64.3% were able to identify their emotions and those of their children and 71.4% noticed an improvement in their mother-child relationship, therefore, the objective that the materials had both a positive and functional impact on the management of social emotional skills of mothers with their children.

Keywords

Covid-19, socioemotional, confinement, emotionaleducation, workwithparents.

Introducción

La educación básica en México, durante mucho tiempo mantuvo su enfoque en la formación cognitiva del individuo, sin embargo, en los últimos años se ha interesado en reconocer la importancia del área psicológica y emocional en la educación.

La educación emocional, no solo consiste en reconocer las emociones, sino en poder manejarlas adecuadamente. Por lo tanto, se destaca la importancia de la inteligencia emocional, Goleman la define como la capacidad de reconocer los sentimientos propios y ajenos, de poder automotivarse para mejorar positivamente las emociones internas y las relaciones con los demás. (Campillo,2015).

Sabemos que entre los factores que contribuyen en el desarrollo de los infantes están la familia y la comunidad, por lo que es de suma importancia que los encargados de la crianza de los niños y niñas se encuentren en sintonía para lograr un óptimo desarrollo de estos, procurando su salud física y emocional. Una forma de lograrlo es creando cursos, programas o talleres que tengan la finalidad de orientar a las familias y comunidades en la educación y desarrollo de sus hijos, así como orientación en el cuidado y mantenimiento de sí mismos, ya que la salud mental de los padres es un imperativo para una adecuada respuesta a las demandas de los hijos, para ello es importantísimo el auto cuidado, el saber que para cuidar es imprescindible cuidarse (Álvarez, 2018).

La participación de los padres en la educación de sus hijos resulta fundamental para la formación adecuada de los niños y niñas. Molón (2015) afirma que “la familia, siendo el primer contexto socializador con el que se relacionan los hijos, también debe saber enseñar una buena educación emocional”(p.9).De igual forma, crear vínculos afectivos sólidos y seguros repercute directamente en el desarrollo neuronal de los infantes, Zalaquett, Shônstedt, Angeli, Herrera y Moyano,(2015) postulan que “la experiencia de mayor influencia en el cerebro en desarrollo es aquella adquirida en las relaciones de apego”(p.127). De ahí la importancia de crear materiales socio emocionales dirigido a padres y madres, que ayuden a fomentar relaciones socioafectivas propicias para el desarrollo de los niños y niñas.

La pandemia del COVID-19, como emergencia sanitaria, inevitablemente afecta e interrumpe el ritmo de vida para

toda la población, pero especialmente para los padres, madres y cuidadores (Lifespan, 2020. párr. 1), esto puede ocasionar diferentes malestares, en la esfera social, económica y sin duda en la emocional, pues al ponernos en aislamiento social, restringiéndonos la movilidad y limitando nuestra libertad, se manifiestan diferentes sentimientos que van de la depresión, ansiedad, irritabilidad, hasta la ira y violencia, mismos que irán cambiando conforme a la edad, condiciones de salud e impacto en el ritmo de vida. (Canitas, 2020).

Adultos, jóvenes, niños y niñas estamos pasando por situaciones en las que nuestras herramientas emocionales para afrontar los nuevos retos que la pandemia desencadenóno son suficientes. Lamentablemente estamos sufriendo las consecuencias de la falta de atención a las necesidades emocionales y afectivas que la educación académica y la sociedad en general han obviado, es por ello que hay padres que no están sabiendo manejar sus emociones ni pueden proporcionar contención a las de sus hijos.

Por lo tanto, el objetivo de la elaboración de estos materiales es, por un lado, cubrir las aristas que la educación académica no ha podido implementar en materia de educación emocional, y por otro, ayudar a los padres a identificar y manejar sus emociones y las de sus hijos e hijas, ayudando a mejorar el clima en el hogar en estos tiempos de confinamiento. A su vez, nos planteamos el objetivo de investigar la relevancia y funcionalidad de estos materiales.

Metodología

La investigación tiene un enfoque cualitativo de alcance exploratorio. Inicialmente se realizó la recogida de datos mediante un cuestionario en la plataforma de Google (google forms), con el objetivo de conocer la perspectiva de las y los docentes de nivel primaria del Estado de Querétaro, en relación al trabajo socio-emocional durante el periodo de educación a distancia, con el fin de elaborar material de apoyo en esta temática; gracias a las respuestas proporcionadas por 38 docentes, que imparten clase principalmente en 1° y 6° de primaria pública, se pudieron establecer las temáticas principales que se abordaron en el material que fue creado y evaluado para el presente documento.

Se eligió una población muestra de 20 adultos con hijos en etapa de educación primaria, dentro de la República Mexicana, específicamente del estado de Querétaro y Michoacán.

A cada una de las participantes se les envió un vídeo y tres infografías con contenido teórico - práctico. El vídeo explica las emociones, la importancia de saber reconocerlas e incluye 5 actividades sugeridas. (1) Una infografía habla sobre el manejo del estrés, (2) otra del manejo de conductas inadecuadas en niños y (3) la tercera sobre el vínculo afectivo. La tarea asignada consistió en revisar el material, ponerlo en práctica durante un periodo de 2 semanas, finalmente valorar: 1. El diseño del material recibido, 2. Relevancia del contenido, y 3. La funcionalidad del contenido, mediante el cuestionario de Google del cual se les compartió el link.

Este último paso fue completado por 14 de las 20 personas a quienes se les consideró como muestra.

Resultados

En primera instancia se presentan los resultados de los datos generales del formulario aplicado.Las 14 personas que respondieron al formulario se identifican con el género femenino (100%), prevaleciendo las familias con 1 hijo (42.9%) y 2 hijos (35.7%), que oscilan entre los 4 a 6 años (28.6%) y 8 a 10 años (28.6%).

Para la evaluación del diseño de los materiales proporcionados, los resultados obtenidos dicen -en su mayoría- que las imágenes, los colores, la resolución del vídeo y los ejemplos son apropiadas. Mientras que el 21.4% sugiere mejorar todo el material en dichos aspectos. (Tabla 1.0)

DISEÑO MATERIAL	Colores son apropiados	Tamaño de letra apropiado	Tipo de letra apropiado	Distribución del contenido es apropiada	Las imágenes son útiles	La resolución de video e imágenes es adecuada
Totalmente en desacuerdo	21.4%	21.4%	21.4%	21.4%	21.4%	21.4%
En desacuerdo	0%	0%	0%	7.14	0%	0%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0%	7.14	0%	7.14	0%	0%
De acuerdo	28.5%	35.7%	42.9%	42.8	14.2%	21.4%
Totalmente de acuerdo	50%	35.7%	35.7%	21.4%	64.3%	57.1%

Tabla 1.0. Evaluación del diseño del material.

Los resultados de la relevancia de los contenidos del material, la asertividad de los ejemplos y la claridad de la información, nos arrojan que la mayoría de quienes evaluaron están totalmente conformes (42.9%)con los aspectos antes mencionados, mientras que un 14.2% registra inconformidad con los contenidos del material, como se muestra en la (Tabla 2.0.)

CONTENIDO DEL MATERIAL	Temas abordados son interesantes	Información es clara y concisa	Las propuestas de actividades son claras	Ejemplos útiles
Totalmente en desacuerdo	14.2%	14.2%	21.4%	14.2%
En desacuerdo	0%	0%	0%	0%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0%	14.2%	0%	0%
De acuerdo	42.9%	28.5%	35.7%	28.5%
Totalmente de acuerdo	42.9%	42.9%	42.9%	57.1%

Tabla2.0. Evaluación del contenido del material.

Por último en el apartado que evalúa la funcionalidad del contenido (Tabla 3.0), podemos observar que el 64.3% logró identificar sus emociones y las de sus hijos; 71.4% notó mejoría en su relación padre-hijo, y solo 1 persona (7.1%) indicó que luego de la revisión del material su relación no había mejorado; el 50% utilizó el diálogo ante situaciones de estrés, mientras que el 42% sólo lo hizo en ocasiones; el 64.3% pasó tiempo de calidad a la hora del juego con su(s) hijo(as).

RESULTADOS POST REVISIÓN	Logro identificar mis emociones y las de mis hijos(s)	Relación madre-hijo ha mejorado	Utilizo el diálogo ante situaciones de estrés.	El tiempo de juego con mi hijo es de mejor calidad
Si	64.3%	71.4%	50%	64.3%
No	0%	7.1%	7.1%	0%
A veces	35.7%	21.4%	42.9%	35.7%

Tabla 3.0. Funcionalidad del contenido.

Discusión

La aplicación de los materiales hacia los padres, nos permite reconocer la importancia de la familia como este espacio socializador en donde se enseñará en este caso el manejo adecuado de las emociones como lo es mencionado por Molón (2015).

Generar los materiales antes mencionados así como la evaluación positiva de los mismos, permite dar énfasis a la educación socio emocional y generar vínculos afectivos seguros dentro de las familias contrarrestando las consecuencias psicológicas negativas que genera la pandemia por COVID-19.

Así mismo, la aplicación de los materiales nos permite profundizar sobre la importancia del autocuidado y el reconocimiento de las emociones tanto en los otros como en uno mismo como lo menciona Álvarez (2018), de aquí se desprende la importancia de que los materiales hayan sido adecuados para las madres.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados mostrados en la evaluación realizada por los padres, en su mayoría se cumple con el objetivo de que los materiales tuvieran un impacto tanto funcional como positivo en el manejo de habilidades socio emocionales de los padres con sus hijos, a pesar del corto tiempo en que se pusieron en práctica, lo que nos hace pensar que la réplica de este proyecto con un tiempo de aplicación más prolongado podría traer consigo más beneficios, no solo en la dinámica de los hogares, sino también en la calidad de relaciones interpersonales dentro y fuera de las aulas.

Por otro lado, se tomarán en cuenta las evaluaciones para la mejora de los materiales así como la pertinencia de identificar otros espacios de difusión del material a padres y madres de familia.

Bibliografía

- Álvarez, C., (19 de marzo del 2018), La salud mental de los padres es básica para el buen cuidado de los hijos, *guiainfantil.com*, https://www.guiainfantil.com/articulos/familia/la-salud-mental-de-los-padres-es-basica-para-el-buen-cuidado-de-los-hijos/
- Campillo, J. E. (2015). La importancia de la educación emocional en las aulas. Recuperado de: http://www.codajic.org/sites/www.codajic.org/files/La%20importancia%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20emocional%20en%20las%20aulas.pdf
- Mollón, O. (2015). "*Educación emocional en la familia. Escuela de padres: "+ emocionales*". (Trabajo final de grado), Universitat Jaume. Recuperado de: https://educrea.cl/wp-content/uploads/2017/08/DOC2-educ-emocional.pdf
- OrganizaciònLifespan. Deliveringhealthwithcare (2020). COVID-19 y còmo afecta nuestra vida cotidiana.(Recuperado de: https://www.lifespan.org/sites/default/files/lifespan-files/documents
- Zalaquetll, D.,Shonstedt, M.,Angeli, M., Herrera, C., Moyano, A.(2015), Fundamentos de la intervención temprana en niños con trastornos del espectro autista.Revista chilena de pediatría. 86(2):126-131. Recuperado de:https://www.elsevier.es/es-revista-revista-chilena-pediatria-219-pdf-S0370410615000261
- Canitas(2020). Portal mexicano para la tercera edad.Los Efectos Psico-emocionales de la

Cuarentena por COVID-19. Recuperado de: https://canitas.mx/guias/los-efectos-psico-emocionales-de-la-cuarentena-por-covid-19/

Carranza Viridiana
viridiana_1020@hotmail.com
Chávez Diana
chavez-hernandez-diana@hotmail.com
Esquivel Mariana
marianaesquivel951@gmail.com
Gómez Susana
susanagomezpsic@gmail.com
Ocampo Paulina
pau_oa@outlook.com
Pérez Jaquelin
jaquepa04@gmail.com
Piñones Fernanda
ma.fernanda.piq@gmail.com
Pozos Daniela
danypozos17@gmail.com

Licenciatura en Psicología 8vo semestre, Área Educativa. Facultad de Psicología Universidad Autónoma de Querétaro

Asesor: Dra. Evelyn Diez-Martinez

Facebook para la educación ambiental: Análisis de un curso sobre fast fashion

Resumen: El fast fashion (moda rápida) se refiere a una forma de producción en la que las grandes marcas generan prendas de vestir de bajo costo, baja calidad, poca durabilidad y un alto impacto negativo en el medio ambiente. Son escasos los estudios que analizan las opiniones de los jóvenes sobre esta problemática. El uso masivo de redes sociales se extiende más allá de compartir fotos y conversar con amigos. A través de las redes sociales se pueden dar procesos de aprendizaje, estas permiten igualmente hablar de las condiciones ambientales de nuestro planeta, del impacto que generan nuestras acciones y de cómo podemos reducirlas. El objetivo del presente estudio fue analizar el impacto de un curso sobre fast fashion, problemáticas ambientales y consumo responsable, impartido a través de la plataforma de Facebook para concientizar a jóvenes de 18 a 25 años sobre el impacto ambiental que causa la moda rápida (fast fashion). Los resultados muestran un incremento en el conocimiento sobre la moda rápida y la sustentabilidad y un cambio favorable en las opiniones de los participantes para transmitir este tipo de información. Así como la utilidad de Facebook como medio para la educación ambiental.

Abstract: Fast fashion is a way of production where big brands produce low cost, low durability wearing, despite a negative impact on the environment It's just a few investigations of the youth people thinking about this problem. The massive use of social networks extends beyond sharing pictures and talking with friends. Through the social networks learning processes can appear, these ones allow us to talk about the environment conditions of our planet, the impact that our actions generate and how we can reduce them. The purpose of this investigation was to analyze the impact of a social network course about fast fashion, environment troubles and responsible consume. The course was

given on Facebook to sensitize 18 to 25 people about the environment problem fast fashion causes. The investigation results show us an increase of the awareness about fast fashion and people sustainability posture, also a favorable change of collective opinion to transmit that kind of information, also the utility of Facebook as a tool for environmental education.

Palabras clave: moda rápida, fast fashion, educación ambiental, consumo responsable, redes sociales, Facebook, universitarios.

Keywords: fast fashion, environmental education, responsible consumption, social networks, Facebook, university students

Introducción

La moda rápida (fast fashion) es una forma de producción de prendas de vestir que consiste en cambiar las oferta de las tiendas de ropa cada quince días, surtiéndolas de nuevas colecciones en lapsos de tiempo más breves de los que se acostumbra tradicionalmente (López, 2012). Este constante cambio implica que las prendas fabricadas tengan una menor durabilidad y un precio accesible para el público, quien consume de manera desmedida.

Es por eso, que debemos analizar si nuestras conductas de consumo, que percibimos como necesarias, se están llevando de una forma sustentable, recordando que sustentabilidad es: "El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Informe Brundland, 1987)

Carrera-Gallissà (2017) dice que: Un precio bajo al consumidor, indica también un bajo costo de producción, con todo lo que esto acarrea: bajos salarios, precariedad laboral, etc. y del impacto de la industria textil y los retos a enfrentar para ser considerada sostenibilista. Carrera-Gallissá (2017) entiende a la industria textil en 3 componentes diferentes en cuanto a su impacto: social, ambiental y económico. Si bien la industria textil es la segunda más contaminante tras el petróleo, la producción de prendas es altamente contaminante, es durante su uso cuando más contamina, ya que el lavado en casa y sobre todo el planchado produce una gran cantidad de emisiones de Co2 porque los electrodomésticos también utilizan electricidad producida por el uso de combustibles fósiles.

Carrera-Gallissà (2017) señala que "En cuanto al impacto social, se ha mencionado que la industria textil suele ubicar sus maquiladoras en países en vías de desarrollo como Bangladesh, Haíti y Camboya, donde la industria textil compone el 80% de su exportación como países". Aunque el impacto social en cuanto a generador de empleos y el impacto económico suenen favorables, no lo son, porque los empleados sufren de precariedad laboral, perciben un salario bajo y cubren horas extra sin un pago, además que suelen estar relacionados con

la explotación infantil y la discriminación a las mujeres, pues estas reciben un salario menor al de los hombres.

Barahona (2018) retomando a Ditty, afirma que el fast fashion obtuvo popularidad en la década de los 80s; transformando la industria de la moda a través de la producción dinámica distribuida estratégicamente por todo el mundo, con el objetivo de producir mayores cantidades reduciendo el tiempo empleado. De acuerdo a Ghemawat y Nueno, también tomados por Barahona (2018) existe un consumidor que obtiene influencias de carácter interno y externo. El carácter interno se refiere a los gustos, preferencias, creencias y experiencias personales. Mientras que los rasgos externos se dan mediante los medios de comunicación, redes sociales, círculos sociales, estrategias de mercadeo que invaden la realidad inmediata del sujeto, especialmente en la situación económica.

Lo anterior evidencía la importancia de educar a las nuevas generaciones sobre hábitos de consumo responsable. En el ámbito educativo las TIC pueden proporcionar un entorno de enseñanza y aprendizaje para el alumnado y profesorado. Las TIC se están convirtiendo en uno de los agentes más eficaces del cambio social por su incidencia en la sociedad (Domingo y Marqués, 2011; citado en Chávez Márquez & Gutiérrez Díez, 2016). Actualmente las TIC se han convertido en un elemento significativo en el desarrollo de las sociedades, por lo que debemos entender que cualquier medio de comunicación se vuelve un recurso didáctico (Badillo M, 2012)

De acuerdo a Fernandez (2011) desde el punto de vista educativo, la redes sociales virtuales son desaprovechadas dado a las inseguridades y miedos respecto al uso que se tiene de ellas y dado a ello se desperdicia su potencial como herramienta que facilita la sensibilización y concienciación ambiental de una sociedad en donde la población más joven hace uso habitual de estas para comunicarse. La educación para la sostenibilidad de nuestra sociedad, menciona Fernandez (2011) que es lo que se persigue y se enfrenta a retos complejos en los que interactúan múltiples factores: históricos, económicos, sociales, naturales, no solo la tecnología, la Administración, las organizaciones, ni sólo los individuos tienen la solución a los problemas ambientales. Se trata de este conjunto de herramientas y relación entre estos los juegan hoy en día un papel importante como herramienta de comunicación y de interacción entre todos los miembros de la sociedad que permite trabajar en conjunto para un planeta más sostenible.

Las TIC son instrumentos para el aprendizaje permanente y flexible al permitir acceder a la información y ofrecer oportunidades para encontrar soluciones particulares, su aplicación en el quehacer educativo, contribuye a que los alumnos logren un conocimiento actualizado y consulten información desde las misma aulas u otros sitios

destinados a ello (Chávez Márquez & Gutiérrez Diez, 2016). La comunicación a través de las redes sociales se ha convertido en una herramienta que permite el aprendizaje colaborativo e involucra espacios de intercambio de información que ayudan a fomentar la cooperación. Las herramientas de las Web 2.0 pueden ser aprovechadas para trabajar de forma colaborativa, ya que son plataformas gratuitas y accesibles, que favorecen la motivación y el interés de los estudiantes al momento de buscar estrategias que beneficien su aprendizaje.

El Statistics Portal (2015) reporta que en 2015 Facebook fue la red más utilizada en el mundo, con más de 1 billón de usuarios registrados. El incremento en su uso no se limita sólo al ámbito social o de entretenimiento. Su utilización se ha difundido en el campo educativo como alternativa para fortalecer la educación presencial o bien como una herramienta más para la educación virtual (Pérez, M., Ortiz, M., & Flores, M., 2015)

Islas Torres & Carranza Alcántar (2011) retoman lo señalado por Ciuffoli (2010) con relación a que Facebook es una red social popular en México, y puede ser utilizada para desarrollar nuevas habilidades digitales y niveles más complejos de participación; su potencial permite que los usuarios se alfabeticen por igual en el uso de las redes independientemente de ser nativos digitales o no.

Castañeda en Osorno Acosta (2013), define que las redes sociales en la educación deben mirarse desde tres perspectivas: aprender con las redes sociales, aprender a través de las redes sociales y aprender a vivir en un mundo de redes sociales. (Osorno Acosta, 2013)

El uso de las tecnologías de la información y comunicación, entre ellas las redes sociales, mejora los procesos de enseñanza y aprendizaje considerando que son escenarios para Educación ambiental y aprendizaje dialógico (Iturriago, 2011; citado en Mendez Mendez y *Arteaga Quevedo*).

Osorno Acosta (2013) menciona que “la educación ambiental es un proceso de aprendizaje que tiene como principal objetivo concientizar a los individuos acerca de todos los problemas que está sufriendo el planeta por diferentes razones, como la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación”.

Osorno Acosta (2013) indica que la educación ambiental surge como una necesidad de mitigar los impactos ambientales que el ser humano ha causado en el planeta, como consecuencia al consumo excesivo de los recursos de la tierra.

Martínez en Osorno Acosta (2013) define que la educación ambiental surge como una necesidad de mitigar los impactos ambientales que el ser humano ha causado en el planeta, como consecuencia al consumo excesivo de los recursos de la tierra.

Objetivo

Concientizar a hombres y mujeres de 18 a 25 años sobre el impacto ambiental que causa el fast fashion y las alternativas para el consumo de ropa de manera moderada, a través de un curso online en Facebook.

Metodología

La muestra fue de tipo intencional y estuvo compuesta por 90 jóvenes de entre 18 y 25 años (58 mujeres y 32 hombres). El diseño de trabajo fue de un pre-test, el curso, y un pos-test. A lo largo del curso algunos participantes lo dejaron, terminando con un total de 35 participantes que respondieron la encuesta final.

El curso se impartió online en la plataforma de Facebook. Las investigadoras convocaron a personas pertenecientes a la comunidad universitaria. La convocatoria para participar se lanzó vía Facebook en el grupo "Yo soy UAQ", de esta manera los interesados se debían registrar vía mensaje privado con las investigadoras, quienes les proporcionaron la liga de la página "Fast Fashion" https://www.facebook.com/Fast-Fashion-103861164652766) para invitarles a seguirla y estar al pendiente del contenido que se subiría semanalmente.

Se brindó información para que los participantes pudieran interactuar mediante "reacciones" y comentarios en la página mencionada. Al iniciar el curso se compartió a través de la página un cuestionario de 15 preguntas con opciones de respuesta por medio de la aplicación Google forms con opción de respuesta que sirvió como pre-test. El pos-test contenía las mismas preguntas del pre-test más 4 adicionales para sondear el conocimiento obtenido durante el curso, las cuales estaban enfocadas a mostrar posibles alternativas a la moda rápida y el consumo responsable enunciadas por los participantes.

Se tuvieron 5 sesiones a lo largo de 5 semanas. Con el fin de motivar a los participantes, se les informó que al final del curso se haría un sorteo de tres paquetes "ecológicos", antes de la situación de la pandemia la intención era realizar un bazar dentro de la universidad.

La información proporcionada en la página fue sintetizada para los participantes, se prepararon materiales visuales en formato de infografía, y se recolectaron videos de la web los cuales tenían información acerca de la contaminación ambiental.

Sesión	Tema	Material
1	¿Qué es el fast fashion (o pronta moda) y qué impacto tiene en el ambiente?	2 infografías
2	Impactos del fast fashion	2 infografías y 2 vídeos
3	Impacto social de la industria textil	2 infografías 2 vídeos

4	Consumo Responsable	1 infografía 1 vídeo de elaboración propia 1 hilo* de twitter.
5	Noticias actuales sobre la moda rápida	2 vídeos de elaboración propia

Tabla 1: Descripción de contenidos incluidos en cada sesión semanal

*NOTA: Un hilo en Twitter es una serie de Tweets conectados de una misma persona. Los hilos te permiten conectar varios Tweets entre sí para proporcionar más contexto, una actualización o para ampliar una opinión.

Para finalizar, en agradecimiento hacia los participantes que estuvieron en interacción con las publicaciones de Facebook; se hizo una rifa al final del curso, en la cual los premios fueron productos eco-friendly para que se tuviera la conciencia de comenzar a utilizar todo aquello que ayuda a cuidar el medio ambiente.

Resultados

Debido a la diferencia en el número de participantes en el pre y post test, se realizó un análisis porcentual de la frecuenia de respuesta para cada una de las opciones proporcionadas que se muestra en las figuras que se presentan a continuación

Por posibilidades de extensión solo se presentan resultados de algunas de las preguntas utilizadas en el cuestionario señalado

Durante cada sesión se mostraban distintos materiales de acuerdo al tema, donde se promovió comentar y reaccionar en cada uno de los post, el obtener esta información tuvo una doble función en el desarrollo del proyecto. La primera era obtener retroalimentación para desarrollar la siguiente sesión y la segunda para obtener resultados que sustentan la investigación.

Se realizó un pre-test y un post-test para conocer si la información brindada durante el curso tuvo impacto en los participantes. Presentaremos algunas de las respuestas más significativas.

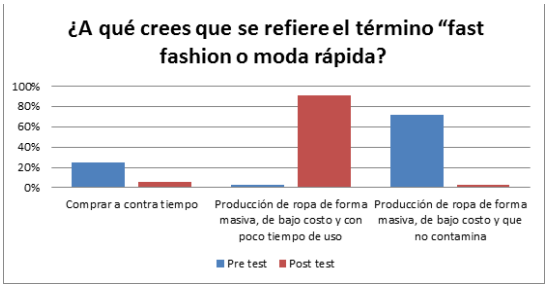


Figura 1. Esta información fue revisada en la sesión uno

En el pre-test la opción con mayor número de respuestas de lo que significa el término fast fashion o moda rápida fue la que se refiere a la producción de ropa de baja calidad, de forma masiva y que no contamina, mientras que en el pos-test cambia considerablemente a la definición de ser la producción de ropa de forma masiva, de bajo costo y con poco tiempo de vida, siendo esta la definición correcta.

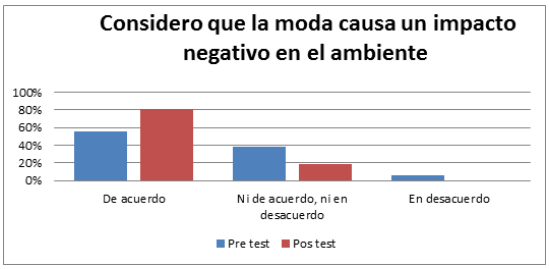


Figura 2. Información proporcionada en la sesión dos

En esta figura se observa que en el pos-test hubo un incremento de participantes que consideran que la moda tiene un impacto negativo en el ambiente.

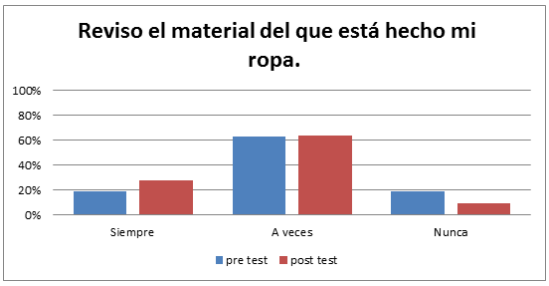


Figura 3. Esta información fue proporcionada en las sesiones dos y tres.

En esta figura, observamos que en el post- test se incrementó el número de personas que revisan siempre de qué está hecha su ropa. La información del curso les permitió saber cuál era la implicación de ciertos materiales involucrados en la producción de ropa.

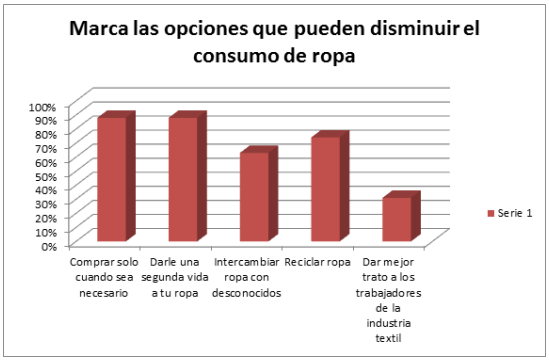


Figura 4. Información proporcionada en las sesiones cuatro y cinco.

La figura 4 muestra una de las preguntas agregadas exclusivamente en el pos-test para apreciar el impacto del curso impartido.

Las opciones, comprar solo cuando sea necesario y darle una segunda vida a tu ropa fueron las más seleccionadas por los participantes. Seguidas por: reciclar ropa, intercambiar ropa con conocidos y por último dar un mejor trato a los trabajadores de la industria textil.

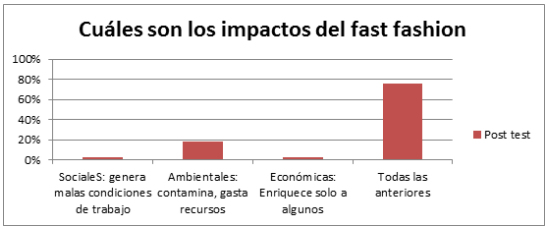


Figura 5. Esta información fue proporcionada en la sesión cinco.

El fast-fashion tiene distintos impactos negativos en el ambiente, y es importante resaltar que los participantes reconocen que todas las opciones son válidas. Algunas de las respuestas que seleccionaron los participantes fueron los siguientes: teniendo como las respuestas menos seleccionadas, el impacto social (genera malas condiciones de trabajo) y el económico (enriquece solo a algunos), siguiendo el ambiental (contamina, gasta recursos), mientras que la opción con más respuestas fue, todas las anteriores.

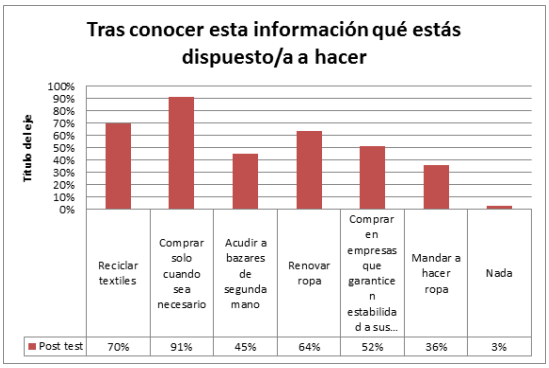


Figura 6. Esta información fue proporcionada a lo largo de las sesiones cuatro y cinco

La figura 6 muestra una de las preguntas agregadas exclusivamente en el post-test para apreciar el impacto del curso impartido.

Finalmente se les preguntó a los participantes qué es lo que estaban dispuestos a hacer tras conocer la información obtenida en el concurso, lo cual muestra que la mayor parte de los participantes están dispuestos a comprar solo cuando sea necesario, seguido el reciclar textiles, renovar ropa, comprar en empresas que garanticen estabilidad a sus empleados, acudir a bazares de segunda mano, mandar a hacer ropa y finalmente, no hacer nada.

Conclusión:

Durante la investigación se puede observar que el curso si modificó algunas conductas, y cumplió en parte con el objetivo general que se planteó que era concientizar a los jóvenes.

Así mismo el uso de las redes sociales tales como Facebook, parecen ser una herramienta viable dentro la educación ambiental.

Es importante recalcar que los resultados del presente estudio no pueden ser generalizados a todos los jóvenes de las edades con las que se trabajó, sin embargo consideramos que aún deben realizarse más investigaciones acerca del impacto del uso de las redes sociales de la educación en general y la educación ambiental en particular.

Finalmente, creemos que en las condiciones actuales de la educación marcadas por una pandemia, que solo permite la educación por medios virtuales, este trabajo apunta a la importancia de utilizar las TIC´s y analizar sus resultados de manera más detallada.

Bibliografía:

Badillo Mendoza, Miguel Ezequiel (2012) "Propuesta de comunicación y educación ambiental a través del Facebook y el uso de narrativas digitales."Entramado. Universidad Libre. Cali, Colombia.
Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265424601009

Barahona, M. L. (2018). *ANÁLISIS DEL FAST FASHION COMO GENERADOR DE PATRONES DE CONSUMO INSOSTENIBLES*, pag. 62-76. Recuperado de https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7138/1/078390-2018-I-GA.pdf

Camilo Katherine (2008). Moda sustentable. Revista Login 21.

Cambio 16, (29 may 2019). La moda, más allá de la próxima temporada.

Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=NnjtL1JEYsw&feature=youtu.be

Carrera-Gallissà, E. Los retos sostenibilistas del sector textil. "Revista de Química e Industria Textil", 1 Març 2017, núm. 220, p. 20-32.

Chávez Márquez, I., & Gutiérrez Diez, M. (2016). Redes sociales como facilitadoras del aprendizaje de ciencias exactas en la educación superior. Apertura, 1-12.

Dw Español, (18 abr 2017). El paráiso de los productores de textiles. Recuperado de:https://www.youtube.com/watch?v=TnrKi_5NpL4&feature=youtu.be

Fernandez, J., (2011)" Redes sociales y medio ambiente: aliados para informar y educar" , Pág. 25-27.

Greenpeace, (2012). Puntadas tóxicas: El oscuro secreto de la moda. Greenpeace International, Amsterdam; greenpeace.org

Hauff, V. (1987). Informe Brundtland. Noruega: Oxford University Press. Pags 383.

Islas Torres, C., Carranza Alcántara, M. (2011). Uso de las redes sociales como estrategias de aprendizaje ¿Transformación educativa? *Apertura* , 1-8.

López, M. (2012). "El impacto ambiental del fash fashion pronta moda". En: Revista Académica e Institucional, Arquetipo de la UCP, 4: Paginas 71 a 79.

Más que crónicas, (16 abr 2017). Camboya. Los esclavos de la industria textil. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=caSbSTSqOU0&feature=youtu.be

Medina, A. (2019, Abril 15). La industria de la moda se adapta al cambio climático. Expansión, https://www.expansion.com/empresas/distribucion/2019/04/155cb3668aca474138128b465ea.html.

ONU, (1987). *Nuestro futuro común.* Madrid: Alianza

Organización internacional del trabajo. (2014). Documento temático para el debate en el Foro de diálogo mundial sobre los salarios y el tiempo de trabajo en los sectores de los textiles, el vestido, el cuero y el calzado. mayo, 2020, de organización internacional del trabajo Sitio web: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/sector/documents/publication/wcms_300643.pdf

Osorno Acosta, V. (2013). Las redes sociales como herramienta para la educación ambiental. *Universidad El Bosque*, 1-11.

Pérez, M., Ortiz, M., & Flores, M.. (2015). Redes sociales en Educación y propuestas metodológicas para su estudio. Ciencia, Docencia y Tecnología, 26, 188-206.

Protejamos la Tierra, (10 jul 2019). Las industrias más contaminantes del mundo #contaminación. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=FvIShtYlDY0

Sales, A. (2011). Moda: industria y derechos laborales. Guía para el consumo crítico de ropa. España

Diseño de una secuencia didáctica para el aprendizaje del valor posicional en un aula multigrado de segundo ciclo.

Castañeda Hernández Fátima del Carmen

fcastaneda109@alumnos.uaq.mx

Universidad Autónoma de Querétaro

García Torres Erika

erika.garcia@uaq.mx

Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

Este estudio aborda la problemática de la enseñanza de las matemáticas en la escuela multigrado. En particular, el valor posicional como elemento indispensable para la construcción del sistema de numeración decimal. Con base en la Teoría de las Situaciones Didácticas, y con la metodología de la Ingeniería Didáctica, se diseñó una secuencia didáctica para segundo ciclo de primaria de una escuela multigrado. Las características específicas de este tipo de escuelas orientaron el diseño de las situaciones didácticas de la secuencia, para enfrentar a distintos rangos numéricos a los alumnos de tercero y cuarto de primaria, en actividades de descomposición numérica, agrupación decimal y orden de los números.

Palabras clave: actividades y prácticas de enseñanza, educación primaria, educación rural, conocimiento matemático para la enseñanza

Summary

This study discusses the problem of teaching mathematics in multigrade school. In particular, the positional value as an indispensable element for the construction of the decimal numbering system. Based on the Theory of Didactic Situations, and with the methodology of Didactic Engineering, a didactic sequence was designed for second cycle of a multigrade elementary school. The specific characteristics of this type of schools, oriented the design of the didactic situations of the sequence, to face different numerical ranges to the students of third and fourth grade, in activities of numerical decomposition, decimal grouping and order of numbers.

Keywords: teaching activities and practices, elementary school education, rural education, mathematical knowledge for teaching

Introducción

El sistema de numeración ocupa un lugar central en la educación de los niños y niñas de nuestro país, y dentro de él, el valor posicional es un elemento clave, ya que de su adecuada apropiación dependerán futuras construcciones que, en el ámbito de lo matemático, los niños puedan realizar. El presente trabajo pretende favorecer este aprendizaje de este elemento del sistema de numeración decimal por medio del diseño de una secuencia de ocho situaciones didácticas.

El objetivo del proyecto es atender a la población de escuelas multigrado debido a las condiciones de rezago educativo que las pruebas estandarizadas, a nivel nacional, reportan, así como por las múltiples ventajas que la modalidad de enseñanza tiene implícitas: las interacciones entre alumnos de dos o más grados escolares, las ayudas que esta dinámica escolar promueve de manera natural, la posibilidad de organización curricular que tiene incluida, entre otras.

Este trabajo se sustenta en la Teoría de las Situaciones Didácticas y utiliza como herramienta de diseño

metodológico la Ingeniería Didáctica, que permitirá realizar un análisis a priori de las situaciones diseñadas. Con este encuadre, se pretende incidir tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de las matemáticas, ya que se vislumbra un aporte para los docentes de educación primaria y aquellos interesados en la educación matemática, como estudiantes de posgrado e investigadores.

Antecedentes

La escuela primaria multigrado es aquella que imparte desde dos hasta seis grados escolares atendidos por uno y máximo tres docentes, es decir, se asume que todos los docentes atienden a estudiantes de más de un grado y, además, tienen que organizarse para realizar las tareas directivas y administrativas que la gestión escolar implica (INEE, 2019).

Dicha organización escolar nació en respuesta a las necesidades de educación en la población rural postrevolucionaria, sin embargo, el día de hoy son atendidas en esta modalidad las comunidades geográficamente poco accesibles y/o con escasa población, donde, dado el número pequeño de niños en cada poblado, sería imposible contar con una escuela de organización completa.

Diversas investigaciones revelan las dificultades específicas de los procesos de enseñanza y aprendizaje en este tipo de escuelas, entre los cuales señalan: la reducción de tiempos de enseñanza debido a que los profesores también realizan funciones directivas e incluso de intendencia; el predominio de los métodos "tradicionales" de enseñanza; la falta de una propuesta curricular específica para esta modalidad (Reséndiz, Block y Carrillo, 2017).

También se ha señalado que la modalidad multigrado tiene características favorables para el aprendizaje, como la posibilidad de los alumnos de aprender unos de otros, o la mayor flexibilidad que existe para asignar tareas a cada uno en función de su nivel de desempeño. Para que estas características se vuelvan realmente favorables para el aprendizaje, es necesario disponer de estrategias de organización y didácticas que lo hagan posible en las condiciones de trabajo de dichas escuelas (Block, Ramírez y Reséndiz, 2015).

Los grupos multigrado nos permiten observar los fenómenos didácticos que ocurren al interior de estas aulas. Esa observación nos lleva rápidamente a prestar atención a la diversidad desde lo didáctico, esto es, a la forma de estructurar los procesos de enseñanza, ya que éstos pasan por la diversificación de actividades de enseñanza, con criterios de simultaneidad y complementariedad, abandonando las prácticas únicas, sincronizadas y uniformizadas en sus mecanismos. Al mismo tiempo, es posible observar la circulación de los saberes, lo que supone abrir las formalidades de los grados escolares para que los saberes fluyan.

Se hace pues necesaria una intervención didáctica que atienda las particulares características de esta población educativa. Es en este contexto se sitúa la problemática de esta investigación, que se centrará en la enseñanza de las matemáticas en la educación primaria.

La enseñanza de las matemáticas ocupa un lugar trascendental en la trayectoria escolar trazada por los currículos de todos los países. En el inicio de la formación matemática escolar, el Sistema de Numeración Decimal (en adelante SND) constituye el instrumento de mediación de otros aprendizajes matemáticos. En consecuencia, la calidad de los aprendizajes que los niños puedan lograr en relación con este objeto matemático y cultural es decisiva para su trayectoria escolar posterior.

La comprensión del SND favorece el desarrollo del sentido numérico, la habilidad y reflexión en operaciones aritméticas, cálculo mental y estimaciones (Angulo, 2017; Gallego, 2015) y el concepto de valor posicional es indispensable para la construcción del SND.

El valor posicional es el valor que toma un dígito de acuerdo con la posición que ocupa dentro del número

(unidades, decenas, centenas…). Favorecer la comprensión de las partes involucradas en el todo de una cantidad para lograr así asignar un nombre de acuerdo al orden de ubicación, a las agrupaciones realizadas designando la base en la cual está agrupándose la cantidad y, por tanto, el valor que adquiere cada cifra dentro de un número para representar la cantidad descrita es parte fundamental en la comprensión del sistema de numeración (Gallego y Uzuriaga, 2015).

Que los alumnos comprendan el valor posicional de las cifras dentro de una cantidad, implica por parte del docente, el desarrollo de una serie de estrategias didácticas que los lleven a descubrir las reglas que subyacen en el SND. Es por ello, que la intención de esta investigación es aportar estrategias didácticas que, tomando en cuenta el contexto multigrado, propicie el aprendizaje de este elemento fundamental dentro del SND.

A través de la Teoría de Situaciones Didácticas se caracterizan los conocimientos matemáticos a partir de las situaciones en las que éstos se usan, y se consideran las interacciones entre profesor, alumnos y saberes matemáticos. Guiados por esta teoría hemos diseñado ocho situaciones didácticas que, por su grado de complejidad y por los elementos del sistema de numeración que se ponen en juego, a través de un medio retador para el alumno (un juego, una serie de problemas matemáticos, una situación de simulación de determinado contexto matemático, etc.) favorezca en los alumnos la apropiación de este concepto matemático.

En el diseño de las secuencias se consideraron algunos postulados importantes:

a) La interacción de los niños con el objeto de conocimiento, el valor posicional en el SND, en toda su complejidad. Usar la numeración escrita significa proponer situaciones donde los alumnos tengan que encontrar las regularidades en el SND y, por consecuencia, en el valor posicional de los dígitos utilizados.

b) Los procedimientos que los alumnos empleen podrán diferir de los convencionales, se pretenderá que manifiesten el conocimiento que los alumnos están construyendo acerca del SND y de sus leyes internas.

Bajo estos supuestos, y tomando en cuenta este contexto, nos preguntamos ¿cómo favorecer el aprendizaje del valor posicional en alumnos de 3º y 4º de primaria de una escuela multigrado?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una secuencia didáctica para el aprendizaje del valor posicional en alumnos de 3º y 4º de primaria de una escuela multigrado.

Objetivo Específico

Elaborar un instrumento de intervenciones didácticas adecuadas a esta secuencia que sirva de apoyo a los docentes que la lleven a la práctica.

Metodología

Para el diseño de la secuencia didáctica se tomaron dos referentes metodológicos-didácticos fundamentales: la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) desarrollada por Guy Brousseau (2007), y la Ingeniería Didáctica, propuesta por Artigue, (1995).

De la TSD tomamos algunos aspectos que consideramos pertinentes para realizar el diseño de la secuencia didáctica: situación didáctica, situación a-didáctica, medio, el error y su papel en aprendizaje y variable didáctica.

En el medio interactúa el alumno con situaciones que el profesor propone, según Resendíz, Block, & Carrillo (2017) el medio está concebido para producir una confrontación con el alumno y que resista a sus primeras interacciones. El medio es una colección de objetos, problemas, textos, en suma, los recursos que

provee el profesor. Uno de los recursos que utiliza el profesor para problematizar al alumno es por medio de las situaciones didácticas y las situaciones a-didácticas, las cuales permitirán que el alumno construya, con sentido, un conocimiento matemático.

Se diseñaron 8 situaciones didácticas que permiten el aprendizaje del concepto matemático que es objeto de estudio de esta investigación.

Ingeniería Didáctica

El diseño de las situaciones didácticas y la organización de las mismas en una progresión articulada, con vistas a enseñar un cierto concepto a una clase alumnos de un determinado nivel, es el objeto de lo que se denomina ingeniería matemática. Para el diseño y la organización de las situaciones didácticas que se plantearán se tomarán en cuenta las diversas fases de la Ingeniería Didáctica (Artigue, 1995); estas fases permitirán realizar el diseño, la implementación y el posterior análisis de la secuencia didáctica que será el eje de esta investigación.

- Fase 1 de análisis preliminar
- Fase 2 de concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería
- Fase 3 de experimentación
- Fase 4 de análisis a posteriori y evaluación.

Fase 1. Análisis preliminar

Artigue, (1995) dice que esta concepción se basa no sólo en un cuadro teórico didáctico general y en los conocimientos didácticos previamente adquiridos en el campo de estudio, sino también en un determinado número de análisis preliminares. El autor indica que se deben tener en cuenta los objetivos específicos de la investigación para realizar los análisis preliminares.

Esta primera fase del estudio incluye los análisis sobre cómo construyen los niños sus conocimientos sobre el SND y las leyes internas del mismo. Podemos resumir que los estudios revisados muestran la importancia de permitir que los niños construyan sus conocimientos sobre el SND acercándose a éste en toda su complejidad y proponen que la enseñanza se enfoque en promover la construcción por parte de los alumnos de las razones que posibilitan el funcionamiento de los números, y se les permite así llegar a comprender los principios que rigen el sistema. Al mismo tiempo encontramos que los aspectos multiplicativos se presentan como los conocimientos numéricos más complejos, y el avance en su comprensión requiere un marco específico de enseñanza que promueva la reflexión sobre las regularidades de la numeración escrita y permita avanzar hacia la conceptualización de las propiedades del sistema.

Por otro lado, se analizaron estudios que destacan las habilidades necesarias para construir el valor posicional, como son la agrupación y desagrupación, el orden, la inclusión jerárquica y la comparación de números.

A nivel teórico didáctico, esos elementos matemáticos se organizan con base en la TSD. Este análisis permitió tomar las decisiones pertinentes para el diseño de la secuencia didáctica.

Fase 2. La concepción y el análisis a priori

El autor señala que “en esta segunda fase, el investigador toma la decisión de actuar sobre un determinado número de variables del sistema no fijadas por las restricciones. Estas son las variables de comando que él percibe como pertinentes con relación al problema estudiado.”

En relación con la investigación planteada, en esta fase se llevó a cabo el diseño de cada situación didáctica; se decidieron las variables didácticas adecuadas para cada situación, el medio a través del cual se presentaría el problema matemático implicado; las consignas y restricciones propias de cada situación; y se llevó a cabo un análisis interno que cada situación que permitió prever posibles procedimientos, errores y dificultades que, en la puesta en práctica de cada situación, los alumnos podrían manifestar, así como las posibles intervenciones docentes.

Estas intervenciones docentes forman parte del instrumento de intervenciones didácticas que servirá de guía a los docentes que pongan en práctica esta secuencia.

A continuación, presentamos un esquema de las situaciones diseñadas.

SITUACIÓN	INTENCIÓN DIDÁCTICA
Cajero 1	Agrupaciones decimales de unidades y decenas, para llegar a centenas.
Cajero 2	Agrupaciones decimales de decenas y centenas, para llegar a unidades de millar
Las canicas	Trabajo con agrupaciones y desagrupaciones con valores 1, 10, 100 y 1000
Guerra de cartas	Ubicar posicionalmente un número
La tiendita	Uso de diversas agrupaciones en contexto de dinero
Calculadora descompuesta 1	Uso de agrupaciones y desagrupaciones con valores 1, 10, 100 y 1000
Calculadora descompuesta 2	Uso de agrupaciones y desagrupaciones con diversos valores Explorar las relaciones dentro del sistema de numeración
Tendedero matemático	Compara cantidades en términos de *mayor que*, *menor que* o *igual que*. Orden de la serie numérica (ubicación de mayor valor)

Dado que el objetivo de este trabajo es el diseño de la secuencia didáctica, las fases 3 y 4 de la Ingeniería Didáctica no se llevaron a cabo. Se espera que en un momento posterior se implemente y se puedan generar nuevos objetivos para seguir indagando al respecto de este concepto matemático.

Discusión y conclusiones

Con esta secuencia didáctica se espera que los alumnos eleven tantos sus logros como su calidad en la apropiación de los conceptos matemáticos que continuarán trabajando posteriormente.

De igual forma, pretendemos beneficiar a aquellos docentes e investigadores de la didáctica que se acerquen a esta investigación, encontrando en ella un recurso favorable y asequible para la enseñanza y el aprendizaje de este concepto matemático.

Deseamos que los investigadores en didáctica de las matemáticas encuentren en nuestra investigación un referente a cerca del proceso que siguen y los procedimientos que utilizan los alumnos en su apropiación del valor posicional.

La secuencia didáctica pretende favorecer el acercamiento de los alumnos con diversos contextos en los que puedan construir significados del valor posicional.

La propuesta de usar material didáctico como las fichas, calculadora, uso de dinero, etc., permitirá que los alumnos experimenten nuevas formas de acercarse a la actividad matemática. El medio que se construye, en términos de la teoría de situaciones didácticas, estimulará los sentidos de los alumnos y les permitirá interactuar con sus compañeros, construir y validar sus estrategias de solución.

Los conocimientos, procedimientos y habilidades que desarrollen los alumnos no están determinados por sus edades, asociadas al grado escolar. El currículo indica que son diferentes los contenidos y el aprendizaje en cuarto grado (9 años), pues es mayor el nivel de complejidad, por ejemplo, los rangos numéricos más amplios que en tercer grado (8 años). Sin embargo, tanto la literatura como la experiencia de trabajo en un aula multigrado nos permite saber que la interacción entre grados en el mismo grupo no fragmenta o imposibilita la circulación de saberes (Santos, 2011). Por el contrario, los alumnos interactúan de manera natural y sus argumentaciones se validan en colectivo. Se genera una circulación de saberes en una situación didáctica, diseñada desde los contenidos curriculares de los dos grados que se atienden en el mismo grupo.

Referencias

Artigue, M. (1995). Ingeniería Didáctica. En M. Artigue, R. Douady, L. Moreno y P. Gómez (Eds.). Ingeniería didáctica en la educación Matemática. “Una empresa docente”. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

Brousseau, G. (2007). Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas. Libros del Zorzal, Argentina (traducción Dilma Fregona).

Ley General de Educación. Diario Oficial de la Federación. México. Cd. De México. 30 de septiembre de 2019.

S. Schmelkes, G. Águila, (Eds.) (2019) La educación Multigrado en México. Cd. De México, México: INEE.

Galván Mora, Lucila Rita, & Espinosa Gerónimo, Lydia. (2017). Diversidad y prioridades educativas en escuelas multigrado. Estudio De caso en México. Sinéctica, (49) Recuperado en 12 de diciembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2017000200005&lng=es&tlng=es

Gallego, G y Uzuriaga, V. (2015). Implicaciones en la comprensión de valor posicional. XIV Conferencia Interamericana de Matemática Educativa. Chiapas, México.

Juárez, D., Vargas, P. y Vera, J. (2015). Condiciones de trabajo y prácticas didácticas de profesores que atienden escuelas primarias rurales en México. Revista Senderos Pedagógicos, 6, 15-27.

Martínez Rizo, F., adapt. Garduño, V. (2017). Las primarias comunitarias y su desempeño. RED-INEE, 7, 30-35.

Terigi, F. y Biutron, V. (2013). Los aprendizajes sobre el sistema de numeración en el primer ciclo en escuelas primarias urbanas. Estudio exploratorio en distintos contextos didácticos. Educación, Lenguaje y Sociedad, 10(10),13-41.

Block, D., Ramírez, M. y Reséndiz, L. (2015). Las ayudas personalizadas como recurso de enseñanza de las matemáticas en un aula multigrado. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 20(66), 711-735.

Reséndiz, L., Block, D. y Carrillo, J. (2017). Una clase de matemáticas sobre problemas de aplicación, en una escuela multigrado unitaria. Un estudio de caso. Educación Matemática, 29(2), 99-123.

Identidad de jóvenes universitarios frente a las tecnologías digitales

Erick Daniel Cruz-Mendoza (Tesista)
Universidad Autónoma de Querétaro
cm.erick18@gmail.com

Miriam Herrera-Aguilar (Directora de tesis)
Universidad Autónoma de Querétaro
miriam_herrera@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo conocer el momento y el espacio en que estudiantes universitarios del campo de la comunicación, pertenecientes a la Universidad Autónoma de Querétaro y a la Universidad del Mar en Oaxaca, se inician como usuarios de las TDIC y adquieren o no una identidad en el contexto de las culturas digitales. Teórica y conceptualmente, este trabajo se sustenta en la construcción de la teorización de las culturas digitales y la identidad como parte de las mismas. Para ello se desarrolla una metodología cualitativa en donde predomina el método biográfico. A partir de la técnica biograma digital, los informantes describen cómo fue su primera experiencia con la tecnología y con qué etiqueta se identifican de entre aquellas que los asocian con las tecnologías: *Millennials*, Generación Z, Nativos Digitales. Los resultados apuntan hacia la existencia de paralelismos en los lugares donde se produjeron las primeras experiencias tecnológicas: la casa y la escuela. Además, las tecnologías con las que la mayoría de los estudiantes tuvieron dicha experiencia son la computadora de escritorio y el celular. Entre otras cuestiones, hay diferencias en las sensaciones que recuerdan de los momentos, en donde los estudiantes de la UMAR mencionan experiencias negativas en comparación con los de la UAQ, quienes en su mayoría expresaron que estas fueron positivas o neutras. Por último, a pesar de que la categoría que se menciona con mayor frecuencia en ambos grupos es de la *Millennials*, también hay una crítica generalizada hacia estas etiquetas.

Palabras clave

Identidades, Biografía digital, Cultura digital, Usos sociales de la tecnología.

Summary

The present work aims to know the moment and the space in which university students in the field of communication, belonging to the Autonomous University of Querétaro and the University of the Sea in Oaxaca, start as users of the TDIC and acquire or not an identity in the context of digital

cultures. Theoretically and conceptually, this work is based on the construction of the theorization of digital cultures and identity as part of them. For this, a qualitative methodology is developed where the biographical method predominates. Using the digital biogram technique, the informants describe their first experience with technology and with what label they identify from among those that associate them with technologies: Millennials, Generation Z, Digital Natives. The results point to the existence of parallels in the places where the first technological experiences took place: the home and the school. In addition, the technologies with which most of the students had such experience are the desktop computer and the cell phone. Among other issues, there are differences in the sensations they remember about the moments, where UMAR students mention negative experiences compared to those of the UAQ, who mostly expressed that these were positive or neutral. Finally, despite the fact that the category that is mentioned more frequently in both groups is Millennials, there is also a generalized criticism towards these labels.

Keywords

Identities, Digital biography, Digital Culture, Social uses of technology

Introducción

El acelerado desarrollo de las Tecnologías Digitales de la Información y de la Comunicación (TDIC) alcanza cada vez más usuarios. A nivel mundial, la International Telecommunication Union (ITU) señala que en 2019 la penetración mundial de usuarios de Internet es del 53.6%; también indica que 94% de los jóvenes en los países desarrollados, que tienen entre 15 y 24 años, tienen acceso a internet, mientras que en los países en vías de desarrollo, tal porcentaje es de 65%. En México, según la *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares*, ENDUTIH 2019, 70.1% de la población de seis años o más puede conectarse a red; 87.8 % de los menores que tienen entre 12 y 17 años utiliza este medio y 91.2 % del grupo de edad de 18 a 24 años consume los servicios de la red (INEGI, 2020). En este contexto, a pesar de las desigualdades reveladas, se han elaborado diferentes etiquetas para marcar a las generaciones jóvenes como usuarios de las tecnologías, a saber: *Nativos digitales, Millennials* o *Generación Y*, así como *Generación Z*. De manera general se les atribuyen características como: haber crecido con aparatos tecnológicos digitales, internet y el uso de sus diferentes plataformas; prefieren los gráficos a los textos; así como aprender de forma lúdica.

Tal contexto y el alto porcentaje de jóvenes usuarios de internet lleva a establecer como objetivo de investigación: conocer el momento y el espacio en que estudiantes universitarios del campo de la comunicación, pertenecientes a la Universidad Autónoma de Querétaro y a la Universidad del Mar en Oaxaca, se inician como usuarios de las TDIC y

adquieren o no una identidad en el contexto de las culturas digitales.

Teórica y conceptualmente, el presente trabajo encuentra sustento en la construcción de lo que Bollmer (2018) denomina la teorización de las culturas digitales; precisamente a partir del reconocimiento de un campo de estudio inacabado tanto epistemológica como socioculturalmente, donde las denominadas tecnologías digitales de la información y la comunicación juegan un rol. De acuerdo con este autor, nuestras prácticas diarias se han visto afectadas y reconstituidas a través de la presencia y uso de una amplia gama de dispositivos, como teléfonos denominados inteligentes, computadoras portátiles o incluso automóviles y refrigeradores.

En esta línea, sin admitir un determinismo tecnológico, y sin dejar de tomar en cuenta la brecha digital, se acepta que en las últimas décadas se han experimentado transformaciones en las formas en que creamos, producimos, ocupamos nuestro tiempo libre, nos informamos, nos comunicamos y nos relacionamos. Sin embargo, dado el dinamismo de los fenómenos insertos en las culturas digitales, es posible que tengamos más preguntas que respuestas.

Dado lo anterior, de acuerdo con Bollmer (2018), se hace necesario explorar cómo los medios digitales se relacionan con lo que llamamos cultura. Así, se acepta que las tecnologías digitales de la información y de la comunicación –asumidas como base material e infraestructura de ciertas prácticas e interacciones– afectan las identidades, los cuerpos, las relaciones sociales, las artes y el medio ambiente; al mismo tiempo crean diferencias y oposiciones que deben negociarse (Bollmer, 2018: 2).

En relación al último punto, lo que Giménez (2017) denomina *diferencia cultural*, resulta necesario hacer algunas precisiones: tal distinción debe validarse al "celebrar y exaltar las diferencias culturales, pero sin encubrir sus fundamentos estructurales, que son la estructura de la desigualdad social y la disimetría del poder: las culturas no sólo son diferentes, sino también desiguales" (2017: 9).

Dada la amplitud del fenómeno y el objetivo de este estudio, sólo nos centramos en la relación de los medios digitales con las identidades de nuestros sujetos de estudio –estudiantes de educación superior en comunicación en los estados de Oaxaca y Querétaro– y en las diferencias generadas en un contexto de desigualdad sociodemográfica, económica y política.

En este contexto, proponemos abordar la noción de identidad desde su sentido *fuerte*, en relación a las denominadas "colectividades corporadas" (Boli y Elliot, 2008; en Giménez, 2017: 26). Lo anterior remite a trabajos anteriores del mismo autor, donde se plantea que "el concepto de identidad es inseparable de la idea de cultura, debido a que las identidades sólo pueden formarse a partir de las

diferentes culturas y subculturas a las que se pertenece o en las que se participa" (Giménez, 2007: 55). Así, exploramos la identidad de nuestros sujetos de estudio en el seno de una cultura producida y difundida por los medios digitales y una subcultura perteneciente a un segmento social específico dentro de un conjunto social más amplio, el de los jóvenes.

De manera específica, agrega Giménez, "la identidad tiene que ver con la idea que tenemos acerca de quiénes somos y quiénes son los otros, [...] Cuando creemos encontrar semejanzas entre las personas, inferimos que comparten una misma identidad distinguible de la de otras personas que no nos parecen similares" (2007: 60). Así, este autor señala como legítimo hablar de identidades individuales y de identidades colectivas siempre y cuando se tenga en cuenta que "la identidad se predica en sentido propio de los sujetos individuales dotados de conciencia y psicología propia, y sólo por analogía de los actores colectivos" (Giménez, 2007: 60).

Metodología

En este proyecto se trabaja bajo una orientación cualitativa, ya que esta permite flexibilidad en la investigación como actividad de "ida y vuelta" (Orozco y González, 2012: 68). Predomina el método biográfico, dado que este se aproxima a los mundos individuales de la experiencia considerando como fuente de información a las personas y los relatos que estas brindan acerca de sus prácticas cotidianas (Flick, 2004). Se construye una técnica denominada biograma digital a partir de los aportes de Estalella y Ardèvol (2011) respecto al *e-research*.

Ambos autores coinciden en que la articulación generada entre las ciencias sociales y las tecnologías digitales -como objetos de análisis sociocultural o como herramientas- sitúa al investigador ante una reflexión epistémica que conlleva reconocer esta convergencia como un "espacio para generar expectativas, articular promesas y materializarlas en distintas tecnologías dentro de las ciencias sociales" (Estalella y Ardèvol, 2011, p. 94).

En ese sentido el biograma digital debe de comprenderse como un conjunto de documentos construidos en función de la trayectoria de vida de los sujetos, en donde se priorizan las historias que describen las experiencias fenoménicas generadas a partir de la relación entre los estos y las tecnologías digitales, en donde lo digital aparece como un *locus* excepcional que contribuye a estudiar aspectos distintivos de nuestra actualidad e invita a renovar preguntas fundamentales al centro de varias disciplinas (Estalella, 2018).

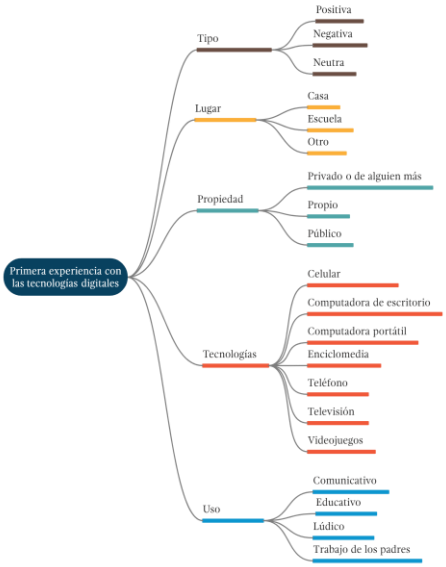
El muestreo es propositivo (Jensen, 2014) y permite la selección de dos grupos de informantes. El primero se conforma por 18 estudiantes (9 egresados y 9 cursan el noveno semestre) de la licenciatura en Ciencias de la Comunicación de la

Universidad del Mar, Oaxaca. El otro grupo lo componen veinte estudiantes (séptimo semestre) de la licenciatura en Comunicación y Periodismo de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Los estudiantes escribieron dos narrativas. Una acerca de la primera experiencia con la tecnología digital y otra en donde expresan la figura (Nativo digital, *Millennial*, Generación Y, ninguna u otra) con la cual se identifican. El análisis se realizó a partir de una codificación abierta (Strauss y Corbin, 2012).

A partir del análisis de las narrativas se construyen cinco categorías -cada una con sus respectivas subcategorías- para identificar las primeras experiencias de los estudiantes con las tecnologías digitales. Se realizó el mismo procedimiento para identificar las etiquetas con las que se asocian los estudiantes.

Figura 1. Categorías y subcategorías de análisis



Fuente: elaboración propia.

Resultados

¿Cómo fue la primera experiencia con la tecnología digital? Aunque ambos grupos convergen en que las primeras experiencias con las tecnologías fueron positivas, se observan casos de experiencias neutrales y negativas, estas últimas se ubican únicamente en el grupo de estudiantes de la UMAR. En el caso de los estudiantes de la UAQ, casi el total tuvieron una experiencia agradable con los objetos tecnológicos y pocos mencionaron que su experiencia fue neutra. Por otro lado, los estudiantes de la UMAR también recuerdan experiencias positivas, sin embargo, otros menos describieron sus recuerdos como neutrales y algunos como negativos. En general, las experiencias positivas se asocian con la emoción al conocer un nuevo objeto o por la llegada de este a sus hogares; las experiencias neutrales se vinculan con la imparcialidad o desinterés ante la tecnología; y las experiencias negativas se relacionan con el miedo que produce no saber utilizar las tecnologías ante terceros.

> Mi experiencia fue un tanto desagradable porque yo me encontraba en casa de una maestra con otros compañeros. Habíamos ido a visitarla y nos iba a enseñar algunas imágenes del lugar de donde ella era. Así que nos dijo que prendieramos la computadora mientras preparaba un refrigerio. Para mi mala suerte, yo me encontraba cerca de la máquina y un compañero me dijo que la prendiera, lo cual fue bochornoso para mí porque no sabía prenderla.

> Nunca había visto una computadora, mucho menos utilizarla. Recuerdo que era de color blanco un CPU enorme, teclado y mouse. (Giovanni, UMAR)

De igual forma, existen otros relatos que expresan el miedo al cual se enfrentaron los sujetos al intentar manipular la tecnología y el riesgo de que esta se dañara.

¿En qué lugares se produjeron las experiencias? De igual forma, hay concordancias en los lugares en donde se produjeron dichas experiencias. La mayor parte de estas -de ambos grupos- se llevaron a cabo en sus casas y en las escuelas. También destacan otros lugares, por ejemplo, casas de otras personas, espacios públicos con red de internet abierta como la explanada de la agencia municipal, y en el negocio o trabajo de sus padres.

> Pues mi mamá es maestra de computación, así que yo tuve contacto con la computadora desde muy pequeña, creo que a los 4 años empecé a usarla, teníamos una computadora en casa y yo solía dibujar en paint, mi mamá me enseñaba cómo usar el mouse y el teclado. (Monserrat, UAQ)

La casa aparece como un lugar en donde se introduce una tecnología porque los padres u otro miembro adulto la adquieren para su uso personal y esto beneficia las personas que comparten ese sitio. Los sujetos que acompañan las experiencias son los padres, los hermanos y los primos, quienes enseñan a utilizar las tecnologías a otros sujetos.

¿A quién le pertenecía la tecnología digital? Como se mencionó, las tecnologías comúnmente pertenecen a otras personas y quienes comparten el espacio se benefician de estas. En esa situación, se puede decir que son privadas. También hay casos en donde las tecnologías pertenecen a los sujetos debido a que se adquieren o heredan para uso personal.

> Mi hermana mayor Ale, trabaja ya y planeaba seguir estudiando su carrera profesional, así que decidió comprar una computadora personal. Lo que en esa época, al menos en mi pequeño pueblo, era todo un lujo. (Rubén, UMAR)

Además, existe un grupo de tecnologías de acceso público, en donde destacan los equipos de cómputo que tienen las escuelas para impartir sus clases.

¿Cuáles son las tecnologías digitales que generaron dichas experiencias? Son varias, pero las que presentan mayor frecuencia en ambos grupos son la computadora de escritorio, el celular y los videojuegos. Sobre este último, las historias se relacionan con el recuerdo de objetos que fueron regalados por hermanos o primos, quienes heredaron el gusto por las consolas a sus familiares, lo cual convierte dichos recuerdos en experiencias positivas.

> Cuando mi hermano llegó me puse muy feliz pues siempre hacíamos cosa juntos, sin embargo, me sorprendió con algo, un objeto que para mí era muy raro pues nunca lo había visto, mi hermano me enseñó un Game Boy Advance SP1, así es como me adentré al mundo

> tecnológico, acompañado de mi hermano y el juego de Mario y Luigi: Superstars. (Ariel, UMAR)

Por otro lado, destaca que los estudiantes de la UMAR que tuvieron sus primeras experiencias con la computadora de escritorio lo hicieron en las escuelas; en cambio, entre los estudiantes de la UAQ hay casos en donde el acceso a estos objetos sucedió en casa y los motivos se relacionan con el trabajo de sus padres.

> Desde muy pequeño tuve accesos a las tecnología digitales, debido a que mi papá es informático, así que era muy común ver a mi papá con computadoras, que en esos tiempos eran distintas a las que conocemos hoy día, pero desde 4 o 5 años vi estos equipos, así que comencé a aprender a utilizarlas, además a los siete años, en casa tuvimos nuestra primer computadora de escritorio, misma que utilizaba para jugar, e incluso mi papá me bajaba programas como "Mi primera Encarta" que era de corte educativo. Así que siempre me sentí familiarizado con utilizarlas. (Fernando, UAQ)

Cabe señalar que también aparecen otras tecnologías en menor medida, por ejemplo, la computadora portátil y Enciclomedia.

¿Para qué utilizaron las tecnologías digitales? Respecto a los usos hay una convergencia entre lo lúdico y lo educativo. En el primero de los casos, además de las consolas, las computadoras a las cuales tenían acceso los estudiantes en su mayoría no tenían internet, para lo cual se valían de los juegos que ya estaban instalados en los equipos, así como de otros que se encontraban en discos.

> El sistema operativo del ordenador era Windows XP, así que no había mucho que hacer; más que jugar algunos juegos que se encontraban en el sistema, como solitario, buscaminas, dominó, ajedrez, y un juego en donde tenía que hacer pasteles en un tiempo determinado, el cual me volvía dicta a ellos. Por cierto, hasta hace poco tiempo entendí como se juega solitario y buscaminas, por lo que todo el tiempo sólo estuve intentando adivinar y esperar ganar, lo que nunca sucedió. (Zarahí, UAQ)

También aparece el uso de las tecnologías para comunicarse con otras personas, principalmente familiares, y el uso que los padres dan a las computadoras para el trabajo y en donde los sujetos tienen menor contacto y sin embargo, esos recuerdos son significativos para generar sus primeras experiencias tecnológicas.

En cuanto al uso educativo de las tecnologías, este se centra en la computadora de escritorio y en ambos grupos aparece constantemente *Microsoft Encarta* como un programa que posibilitó el aprendizaje diversas temáticas de manera lúdica.

Por otra parte, respecto a las etiquetas con las que se identifican los estudiantes, los dos grupos expresaron mayor afinidad por la etiqueta de *Millennials*. Los estudiantes de la UAQ también se consideran Nativos Digitales y Generación Z, en comparación con los de la UMAR, quienes se

muestran imparciales respecto a estas dos últimas categorías.

Figura 2. Nube de palabras con las etiquetas de los estudiantes de la UAQ



Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en ambos grupos hay estudiantes que no eligen una categoría para encasillarse debido a que consideran que estas no son claras y también, hay otro grupo que niega dichas etiquetas tajantemente.

Figura 2. Nube de palabras con las etiquetas de los estudiantes de la UMAR



Fuente: elaboración propia.

Llama la atención que los estudiantes expresan matices a la hora de identificarse con una categoría, y eligen una por la fecha de su nacimiento, aunque no cedan completamente antes las características que engloban pertenecer a una de estas. De igual forma, hay una crítica constante al ser encasillado en una tipología, algo a lo que algunos estudiantes -de ambas universidades- se niegan a realizar.

Discusión y conclusiones

Los resultados expresan paralelismos en las experiencias tecnológicas de los estudiantes, sin embargo, también hay diferencias dentro de los grupos y entre estos. Por ejemplo, entre los estudiantes de la UMAR destaca la presencia de experiencias negativas. Ya que hay casos en donde los estudiantes se enfrentan a las tecnologías con miedo y eso los aleja posteriormente de estas. En cambio, en los estudiantes de la UAQ el uso de las tecnologías es mayormente positivo y se puede decir -en algunos casos- que es normalizado, por ejemplo, en las situaciones en donde los padres tienen profesiones u oficios que requieren del uso de computadoras, por lo que los jóvenes desde temprana edad tienen experiencias con estas. Lo anterior diferencia a ambos grupos y puede relacionarse con el contexto y la presencia de las tecnologías que hay en este, la educación familiar y los intereses personales.

El uso lúdico y educativo de las tecnologías está presente en ambos grupos, incluso en ocasiones se

traslapan. Por decir, en la escuela y en la casa aprenden mediante juegos, en donde resalta *Microsoft Encarta* como una herramienta presente en las prácticas de estas generaciones.

Este primer acercamiento a las experiencias de los estudiantes son un punto de partida para comprender su vínculo con las tecnologías en la actualidad, no obstante, como señala Bollmer (2018), se considera que estos efectos no son neutrales ni inevitables. Más bien, la relación entre los medios digitales y la cultura es política, implican relaciones de poder que dan forma a lo que son y hacen los cuerpos humanos.

Por otro lado, existe una crítica generalizada hacia las etiquetas que engloban a los sujetos y a las tecnologías digitales. Sin embargo, en el caso de los estudiantes de la UAQ, los estudiantes apuntan su crítica hacia lo político, en donde niegan una etiqueta generacional porque no apoyan las clasificaciones de ningún tipo. En cambio, los estudiantes de la UMAR rechazan las etiquetas porque consideran que sus experiencias con las tecnologías son escuetas y llegaron a una edad avanzada, lo cual lo asocian con las condiciones contextuales.

Al respecto, los resultados no dejan hablar de una identidad como "colectividad corporada" (Boli y Elliot, 2008 en Giménez 2017); mismas que se caracterizan, entre otras cosas, por tener una fuerte vida endógena y comportan memorias fuertes que, a su vez, generan identidades fuertes" (Giménez, 2017: 26).

De manera puntual, los testimonios de los sujetos de estudio permiten alejarnos de las tesis que proponen etiquetas generacionales a partir de diferentes dimensiones: identitaria, socioeconómica y cognitiva, principalmente. Con respecto de esta última, si bien tales etiquetas proponen la existencia de preferencias particulares en los estilos de aprendizaje en una determinada generación de jóvenes, diversos estudios cuestionan tal postura (Lluch Brunat y Gros Salvat, 2017); estos dejan ver que se adoptan distintas preferencias y enfoques –no estáticos ni generalizables– en función de la percepción de lo que requiere una tarea, así como de la obtención de éxito en trabajos y proyectos anteriores.

Como se observa, en las primeras experiencias tecnológicas de los estudiantes influyen -por lo menos- condiciones contextuales, culturales, sociales, económicas y políticas que condicionan sus experiencias. Esto los diferencia en primera instancia con los sujetos más cercanos a ellos -por ejemplo, sus compañeros- y también con otros que comparten características etarias. Al respecto, se considera que lo importante es, como señala Bollmer (2018), despertar preguntas acerca de nuestra realidad tecnológica corriente, no sólo para entenderla si no para pensar acerca de cómo cambiar nosotros mismos y nuestras tecnologías para mejorar, encaminandonos a animar un mundo más igualitario democrático y justo.

Referencias

Bollmer, G. (2018). *Theorizing Digital Cultures*. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington D.C., Melbourne: Sage.

Estalella, A. (2018). Etnografías de lo digital: Remediaciones y recursividad del método antropológico. *AIBR Revista de Antropología Iberoamericana*, 13(1), 45-68. https://doi.org/10.11156/aibr.130104

Estalella, A., y Ardèvol, E. (2011). E-research: Desafíos y oportunidades para las ciencias sociales. *Convergencia*, 18(55), 87-111.

Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. España: Ediciones Morata.

Giménez, Gilberto. (2007). *En Estudios sobre cultura y las identidades sociales*. México: Conaculta & Instituto Coahuilense de Cultura.

Giménez, Gilberto. (2017). Paradojas y ambigüedades del multiculturalismo: las culturas no sólo son diferentes, sino también desiguales. *Cultura y representaciones sociales*, 11(22), 9-33.

González, R. y Orozco, G. (2012). *Una coartada metodológica*. México: Tintable.

INEGI. (2020). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares* (ENDUTIH) 2019. https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/

Lluch Brunat, D. y Gros Salvat, B. (2017). Análisis de las metodologías en los estudios de los nativos digitales en la universidad. Revisión de la literatura científica entre 2010-2015. *Education in the Knowledge Society*, 18(1),39-61. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=5355/535554765003

Strauss. A. y Corbin, J. (2012). B*ases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada* (Trad.). Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

UNESCO & ITU. (2020). *The State of Broadband 2020: Tackling digital inequalities*. UN.

Eventos Adversos en la Infancia: secuelas en la adolescencia

Autoría:

Daniela De Anda Estrada.

Alumna de la Maestría en Salud Mental de la Infancia y la Adolescencia (MSMIA), Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro.

Correo: ddeanda24@alumnos.uaq.mx

Asesoras:

Dra. Gloria Nélida Avecilla Ramírez

Docente e Investigadora en la Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro.

Correo: gloria.avecilla@uaq.mx

Dra. Cintli Carolina Carbajal Valenzuela

Docente e Investigadora en la Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro.

Correo: cintli.carolina.carbajal@uaq.mx

Resumen:

Se sabe que las Experiencias Adversas en la Infancia están asociadas a problemáticas de salud en la vida adulta, sin embargo, se tienen muy pocos datos sobre su relación con la salud mental en la adolescencia. Esta investigación tuvo como objetivo explorar la presencia de Experiencias Adversas en la Infancia y su relación con síntomas depresivos y consumo de sustancias en adolescentes. Es un estudio de tipo cuantitativo y transversal, con una muestra de 317 adolescentes de entre 14 y 19 años, alumnos de bachilleratos públicos generales en San Juan del Río, Querétaro. Se encontró que el 76% de los adolescentes han experimentado cuatro o más Experiencias Adversas en la Infancia antes de los 15 años, este resultado es mayor que el de investigaciones previas. El 17% presentó sintomatología depresiva durante las dos últimas semanas y el 77% admitió haber consumido alcohol, tabaco o alguna otra droga alguna vez en su vida. Además, los datos mostraron que el número de Experiencias Adversas en la Infancia se encuentra relacionado a la presencia de sintomatología depresiva y consumo de sustancias. Los eventos adversos que ocurren dentro del entorno familiar parecen tener más consecuencias en las mujeres, en comparación con los hombres, que se ven más afectados por eventos de violencia ocurridos en el entorno comunitario. Con esto se visibiliza la imperiosa necesidad de establecer políticas públicas en salud mental que tomen en consideración las necesidades de los niños, niñas y adolescentes.

Palabras clave: Experiencias Adversas en la Infancia, síntomas depresivos, consumo de sustancias, adolescencia.

Abstract:

It is well known that Adverse Childhood Experiences are associated to health issues in adult life, however, very little data are available on their relationship to mental health in adolescence. The aim of the study was to explore the presence of Adverse Experiences in Childhood and its relationship to depressive symptoms and drug use in adolescents. We conducted a quantitative and cross-sectional study, with a sample of 317 teenagers from 14 to 19 years old, general public high school students in San Juan del Río, Querétaro. 76% of adolescents in the sample have experienced four or more Adverse Experiences in Childhood before the age of 15 years, this result is greater than previous investigations. 17% had depressive symptoms for the last two weeks and 77% admitted to having consumed alcohol, tobacco, or some other drug at least once in their lifetime. Besides, the data showed that the number of ACEs is related to the presence of depressive symptoms and drug use. Family environment adverse events appear to show more

consequences in women than men. Men are most affected by violent events occurring in the community. Our results reveal the urgent need for public policies on mental health that take into account the needs of children and adolescents.

Key words: Adverse Childhood Experiences, depressive symptoms, drug use, adolescence.

Introducción:

Se denomina como Experiencias Adversas en la Infancia (EAI) al conjunto de situaciones estresantes que ocurren en el entorno cercano del infante, ya sea dentro de la familia, escuela o incluso en su comunidad (Kalmakis y Chandler, 2014).

Las EAI se clasifican en un total de 13 categorías, en las que se incluyen el abuso emocional; el abuso físico, el abuso sexual, la omisión de cuidados, el bullying, la violencia intrafamiliar, la exposición al consumo y/o abuso de alcohol y otras drogas por parte de los padres o cuidadores, la presencia de algún familiar con depresión, antecedentes de intento suicida, ansiedad o alguna otra problemática de salud mental, relación con familiares cercanos que hayan estado en prisión o hayan cometido actos ilícitos; la separación o divorcio de los padres y el fallecimiento de alguno o ambos padres, la violencia comunitaria, en forma de peleas físicas, riñas o amenazas con armas; y la violencia colectiva, proveniente de grupos armados como pandillas, policías, militares o soldado (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2014).

Con anterioridad, algunos estudios han mostrado que la presencia de situaciones adversas durante la infancia puede conllevar a diversas consecuencias en la salud física y mental en la vida adulta (Anda et al., 2006; Chapman et al., 2004; Edwards, Holden, Felitti, & Anda, 2003).

En un estudio hecho por Anda y colaboradores (2002), se encontró que la exposición familiar al abuso en el consumo de alcohol durante la infancia, incrementó entre 3.5 y 5.6 veces el riesgo para padecer alcoholismo y un rango de probabilidad que oscila entre 30% y 50% para padecer depresión en edad adulta. Mientras que, en otro estudio encontraron que en los participantes que presentaban cuatro o más EAI aumentó 7.2 veces el riesgo para presentar alcoholismo, 4.5 veces para el consumo de drogas y 3.6 veces para depresión (Anda et al., 2006).

Dichos datos resultan relevantes, pues se conoce que en población mexicana, los trastornos afectivos y los trastornos por uso de sustancias son dos de los trastornos psiquiátricos con mayor prevalencia en adolescentes (Benjet et al., 2009).

La depresión es uno de los trastornos afectivos más estudiados, se caracteriza por una alteración persistente del estado de ánimo, una pérdida del interés para realizar actividades y constantes sentimientos de desesperanza (Asociación Americana de Psiquiatría [APA], 2013). Cabe señalar que la depresión es una de las mayores problemáticas en salud mental a nivel mundial, pues se sabe que afecta a un gran número de personas. Tan solo en México, hasta el 2002, alrededor de 2 millones de mexicanos habían presentado algún episodio de depresión mayor antes de los 18 años de edad (Benjet et al., 2004).

El consumo de sustancias se caracteriza por ingesta de ciertos componentes como el alcohol, tabaco y otras drogas, los cuales provocan cambios en la conciencia, el estado de ánimo y algunos procesos cognitivos (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2005). El consumo de sustancias es una de las problemáticas que ocupan los primeros puestos dentro de la lista de indicadores vinculados a la pérdida de años de vida saludable (Lozano et al., 2013).

Ante esta panorámica que se ha presentado durante los últimos años, y debido a que la mayoría de los estudios sobre EAI se han realizado en personas adultas, resulta de gran relevancia indagar sobre las distintas problemáticas en salud mental que podrían estar relacionadas con las EAI en los adolescentes, pues aún no se sabe con certeza en qué etapa de la vida comienzan a presentarse las consecuencias de éstas.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue explorar la presencia de EAI y su relación con el consumo de sustancias y síntomas depresivos en adolescentes de preparatoria, en San Juan del Río, Querétaro.

Método:

Se realizó una investigación de tipo cuantitativo y trasversal, con la participación de una muestra no probabilística de 317 adolescentes, estudiantes de preparatoria de entre 14 y 19 años de edad, que se encontraban cursando el bachillerato público general en San Juan del Río, Querétaro, durante el año 2019.

El instrumento constó de un cuestionario estructurado, con 106 ítems, de modalidad auto aplicado, conformado por tres escalas generales. Para identificar y evaluar el nivel de exposición a situaciones conflictivas dentro del entorno familiar y social, se tradujo y adaptó el Cuestionario Internacional de Experiencias Adversas en la Infancia (OMS, 2014). Para explorar cuestiones relacionadas al estado de ánimo y emociones, se utilizó la versión validada para población mexicana de la Escala de Depresión del Centro de Estudios Epidemiológicos (CES-D-R) (González-Forteza, Jiménez-Tapia, Ramos-Lira, y Wagner, 2008). Finalmente, para recolectar información acerca del consumo de sustancias, se utilizó una adaptación de la Cédula de consumo de alcohol y drogas (González-Forteza, Juárez López, et al., 2015).

La realización de esta investigación cuenta con la aprobación del Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro, la participación de los estudiantes estuvo supeditada a la entrega de consentimiento informado, y en caso de ser menores de edad, el consentimiento debía estar firmado por parte de sus padres o cuidadores; además, la participación fue voluntaria y anónima (no se solicitaron datos personales en el cuestionario).

Resultados:

El 59% de los participantes fueron mujeres y el 41% fueron hombres, con una edad promedio de 15 años.

Se encontró que el 77% de los alumnos reportaron haber experimentado cuatro o más tipos de EAI durante los primeros 15 años de su vida, sin encontrar diferencias significativas en el número de EAI entre hombres ($\bar{x}$=5.38) y mujeres ($\bar{x}$=5.77) (t=1.27, gl=299, p=.203).

Los tipos de EAI que experimentaron los participantes se muestran en la Tabla 1, siendo notable que la mayor parte de los adolescentes reportaron haber presenciado violencia comunitaria, omisión de cuidados, violencia intrafamiliar o abuso emocional durante los primeros 15 años de vida.

Tabla 1. Porcentajes de las EAI por tipo.

Tipo de EAI	Porcentaje
Violencia comunitaria	89%
Negligencia u omisión de cuidados	87%
Violencia intrafamiliar	71%
Abuso emocional	63%
Bullying	48%
Antecedentes familiares de abuso de sustancias	43%
Abuso físico	37%
Violencia colectiva	34%
Separación de los padres	33%
Antecedentes familiares de trastornos mentales	19%
Antecedentes familiares de cargos penales	18%
Abuso sexual	16%
Muerte de alguno de los padres	10%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la sintomatología depresiva, se presentó una media de 43.3, con una desviación estándar de ±30.3. Se tomó como criterio para el punto de corte general la media más una deviación estándar, lo que equivale a 73.6 puntos, dando como resultado que el 17% de los participantes presentaron puntajes relevantes de sintomatología depresiva durante las últimas dos semanas.

Las mujeres mostraron mayores puntajes de sintomatología depresiva ($\bar{x}$=52.02, s=6.95) que los

hombres ($\bar{x}$=37, s=7.87), y esta diferencia fue significativa (t=5.20, gl= 299, p<.001).

En cuanto al consumo de sustancias, el 77% de los jóvenes han consumido alguna vez en la vida alcohol, tabaco u otras drogas. El 33% han consumido únicamente un tipo de sustancia, el 18% han consumido dos tipos, el 12% han consumido tres tipos y el 13% han consumido cuatro o más tipos de sustancias.

El 72% de los adolescentes reportaron consumo de alcohol al menos una vez en la vida, el 45% reportó consumo de tabaco, el 23% de mariguana, el 11% de inhalables, el 8% de metanfetaminas, el 6% de cocaína, el 4% de crack, el 2% de tachas y el 1% consumieron otro tipo de sustancias, principalmente LSD.

Cabe mencionar que no se encontraron diferencias significativas en el número de sustancias consumidas entre hombres ($\bar{x}$ = 1.56, s= 1.44), y mujeres ($\bar{x}$ =1.77, s= 1.58) (t=1.21, gl=299, p=.227). Tampoco se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de consumo durante el último mes en hombres ($\bar{x}$ =1.47, s= 2.12) y mujeres ($\bar{x}$ =1.70, s=2.8) (t=.798, gl=299, p=.42).

Por otra parte, de manera general, se encontró que el número de EAI se correlaciona positivamente con los síntomas depresivos ocurridos durante las últimas dos semanas (r=.506, n=317, p<.001), el número de sustancias consumidas durante el transcurso de la vida (r=.363, n=317, p<.001) y la frecuencia del consumo de sustancias durante el último mes (r=.342, n=317, p<.001).

A pesar de no haber encontrado diferencias entre hombres y mujeres en el número de EAI, número de sustancias consumidas y en la frecuencia de consumo durante el último mes; algunos análisis de regresión lineal múltiple mostraron diferencias entre sexos en los factores de riesgo asociadas a dichas variables.

Se encontró que, en las mujeres, la violencia comunitaria, el bullying, el abuso sexual, el abuso emocional y los antecedentes familiares de trastornos mentales aparecen como predictores de sintomatología depresiva. La omisión de cuidados, los antecedentes familiares de trastornos mentales, la separación o divorcio de los padres y los antecedentes de familiares con cargos penales aparecen como predictores para el número de sustancias consumidas. Y en la frecuencia de consumo durante el último mes presenta como predictores la omisión de cuidados, los antecedentes familiares de trastornos mentales, la separación o divorcio de los padres y los antecedentes familiares de abuso de sustancias (*Tabla 2).*

Tabla 2. Resumen de los análisis de regresiones múltiples por pasos en mujeres

Variable dependiente	# Predictor	Variable independiente: Tipo de EAI	R	F
Sintomatología depresiva	1	Violencia comunitaria	0.50	60.15
	2	Bullying	0.58	44.97
	3	Abuso sexual	0.63	38.2
	4	Abuso emocional	0.65	32.8
	5	Antecedentes de familiares con trastornos mentales	0.67	28.98
Número de sustancias consumidas en la vida	1	Negligencia u omisión de cuidados	0.34	23.56
	2	Antecedentes de familiares con trastornos mentales	0.43	19.89
	3	Separación de los padres	0.47	16.54
	4	Antecedentes de familiares con cargos penales	0.51	15.32
Frecuencia de consumo durante el último mes	1	Negligencia u omisión de cuidados	0.36	26.81
	2	Antecedentes de familiares con trastornos mentales	0.43	20.21
	3	Separación de los padres	0.47	16.62
	4	Antecedentes de familiares con abuso de sustancias	0.49	13.74

p< .001
Fuente: Elaboración propia

En el caso de los hombres, la violencia comunitaria y el bullying aparecen como predictores de sintomatología depresiva. La violencia colectiva se registra como único predictor para el número de sustancias consumidas en el transcurso de la vida. Mientras, la violencia comunitaria, el abuso emocional y el abuso sexual aparecen como predictores para la frecuencia de consumo durante el último mes (*véase Tabla 3)*.

Tabla 3. Resumen de los análisis de regresiones múltiples por pasos en hombres

Variable dependiente	# Predictor	Variable independiente: Tipo de EAI	R	F
Sintomatología depresiva	1	Violencia comunitaria	0.32	14.30
	2	Bullying	0.38	10.43
Número de sustancias consumidas	1	Violencia colectiva	0.37	20.53
Frecuencia de consumo durante el último mes	1	Violencia comunitaria	0.43	27.95
	2	Abuso emocional	0.47	17.97
	3	Abuso sexual	0.50	14.00

p< .001
Fuente: Elaboración propia

Discusión y conclusiones:

Los resultados de nuestra investigación concuerdan con algunos estudios realizados en poblaciones con características distintas, al encontrar que entre mayor sea el número de EAI que han experimentado, aumenta el riesgo de presentar posteriormente mayores índices de sintomatología depresiva y consumo de sustancias (Anda et al., 2006, 2002; Chapman et al., 2004; Edwards et al., 2003).

El porcentaje de adolescentes que reportaron haber experimentado cuatro o más EAI antes de cumplir los 15 años de edad, es elevado en comparación con otros estudios (Anda et al., 2006; Edwards, Holden, Felitti, & Anda, 2003).

Por otra parte, las diferencias que se presentan entre hombres y mujeres en los índices de sintomatología depresiva, y en el tipo de EAI que aparecen como predictores para la presencia de sintomatología depresiva y el consumo de sustancias, son relevantes para el entendimiento y la intervención oportuna de estas problemáticas desde distintas perspectivas.

La presencia de mayores índices de sintomatología depresiva en mujeres que en hombres es un dato que ha aparecido en otros estudios (Benjet et al., 2009; González-Forteza, De la Torre, Vacio-Muro, Peralta, & Wagner, 2015). Las diferencias que encontramos en los tipos de EAI que presentan como predictores de sintomatología depresiva y consumo de sustancias en hombres y mujeres parecen indicar que, las EAI que ocurren dentro del entorno familiar afectan en mayor medida a las mujeres que a los hombres, quienes se ven mayormente afectados por eventos de violencia ocurridos en el entorno comunitario.

Estas características peculiares podrían deberse a que, durante la adolescencia la respuesta de hombres y mujeres ante situaciones estresantes afecta de manera diferenciada a algunas regiones implicadas en el procesamiento y regulación emocional, como lo son el sistema límbico y la corteza cerebral , por la gran cantidad de receptores de andrógenos y estrógenos con los que cuentan y debido a los cambios hormonales característicos de la adolescencia se manifiestan tales diferencias (Andersen & Teicher, 2008; Wang et al., 2007).

Aunado a ello, según Cyranowski y colaboradores (2000), parece existir en las mujeres una mayor vulnerabilidad a los problemas interpersonales, debido a cuestiones biológicas y culturales, pues evolutiva y socialmente se ha dotado a la mujer de roles donde se desarrollan habilidades comunicativas, emocionales y sociales, al llevar a cabo actividades que involucran el cuidado y protección de otros. En la pubertad, las mujeres encuentran en las relaciones familiares un grupo que otorga seguridad durante el proceso de exploración gradual de nuevas relaciones entre el grupo de pares. En tanto, los hombres tienden a realizar actividades que involucran independencia y dominio, observándose en ellos la preferencia a pasar mayor

tiempo a solas durante la pubertad. Es así que, en comparativa, las mujeres otorgan un valor más alto que los hombres a las cuestiones interpersonales e intrafamiliares (Cyranowski, Frank, Young, & Shear, 2000).

En conclusión, los resultados de esta investigación exponen una perspectiva actual y contextualizada sobre las problemáticas emergentes prioritarias en la región, muestran que no es posible ignorar la gran influencia que cobran las esferas familiar y comunitaria en el desarrollo físico, emocional y social del ser humano, desde edades tempranas.

Por tal motivo, resulta necesaria la gestión e implementación de programas y políticas públicas en salud mental que tomen en cuenta los distintos factores de riesgo que se presentan, promuevan prácticas de prevención e intervención oportunas que sean viables y garanticen la accesibilidad a los servicios, para así mejorar las condiciones de salud de las niñas, niños y adolescentes.

Financiamiento

Este estudio estuvo parcialmente financiado por el Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría (FOPER 2019- 01022) que otorgó la Universidad Autónoma de Querétaro durante el 2019.

Referencias bibliográficas:

Anda, R. F., Felitti, V. J., Bremner, J. D., Walker, J. D., Whitfield, C., Perry, B. D., … Giles, W. H. (2006). The enduring effects of abuse and related adverse experiences in childhood: A convergence of evidence from neurobiology and epidemiology. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *256*, 174–186. https://doi.org/10.1007/s00406-005-0624-4

Anda, R. F., Whitfield, C. L., Felitti, V. J., Chapman, D., Edwards, V. J., Dube, S. R., & Williamson, D. F. (2002). Adverse Childhood Experiences, Alcoholic Parents, and Later Risk of Alcoholism and Depression. *Psychiatric Services*, *53*(8), 1001–1009. https://doi.org/10.1176/appi.ps.53.8.1001

Andersen, S. L., & Teicher, M. H. (2008). Stress, sensitive periods and maturational events in adolescent depression. *Trends in Neurosciences*, *31*(4), 183–191. https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.01.004

Asociación Americana de Psiquiatría. (2013). *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales*. (Asociación Americana de Psiquiatría., Ed.) (5ta.). Arlington, VA. Recuperado de www.appi.org

Benjet, C., Borges, G., Medina-Mora, M. E., Fleiz-Bautista, C., & Zambrano-Ruiz, J. (2004). La depresión con inicio temprano: Prevalencia, curso natural y latencia para buscar tratamiento. *Salud Publica de Mexico*, *46*(5), 417–424.

Benjet, C., Borges, G., Medina-Mora, M. E., Méndez, E., Fleiz, C., Rojas, E., & Cruz, C. (2009). Diferencias de sexo en la prevalencia y severidad de trastornos psiquiátricos en adolescentes de la Ciudad de México. *Salud Mental*, *32*(2), 155–163. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/pdf/sm/v32n2/v32n2a8.pdf

Castillo, A., Cleves, D., García, Á. M., Laverde, L., Medina, V., Cortés, H., … Dávalos, D. M. . (2016). Experiencias adversas de la infancia en una muestra de pacientes con enfermedad crónica en Cali-Colombia. *Medicina U.P.B.*, *36 (1)*, 9–15. https://doi.org/10.18566/medupb.v36n1.a02

Chapman, D. P., Whitfield, C. L., Felitti, V. J., Dube, S. R., Edwards, V. J., & Anda, R. F. (2004). Adverse childhood experiences and the risk of depressive disorders in adulthood. *Journal of Affective Disorders*, *82*, 217–225. https://doi.org/10.1016/j.jad.2003.12.013

Cyranowski, J. M., Frank, E., Young, E., & Shear, M. K. (2000). Adolescent onset of the gender difference in lifetime rates of major depression. A theoretical model. *Archives of General Psychiatry*, *57*(1), 21–27. https://doi.org/10.1001/archpsyc.57.1.21

Edwards, V. J., Holden, G. W., Felitti, V. J., & Anda, R. F. (2003). *Relationship Between Multiple Forms of Childhood Maltreatment and Adult Mental Health in Community Respondents: Results From the Adverse Childhood Experiences Study*. *Am J Psychiatry* (Vol. 160). Recuperado de http://ajp.psychiatryonline.org

González-Forteza, C., De la Torre, A. E. H., Vacio-Muro, M. de los Á., Peralta, R., & Wagner, F. A. (2015). Depresión en adolescentes. Un problema oculto para la salud pública y la práctica clínica. *Boletin Medico del Hospital Infantil de Mexico*, *72*(2), 149–155. https://doi.org/10.1016/j.bmhimx.2015.05.006

González-Forteza, C., Jiménez-Tapia, J. A., Ramos-Lira, L., & Wagner, F. A. (2008). Aplicación de la Escala de Depresión del Center of Epidemiological Studies en adolescentes de la Ciudad de México. *Salud Publica de Mexico*, *50*(4), 292–299. https://doi.org/10.1590/s0036-36342008000400007

González-Forteza, C., Juárez López, C. E., Montejo León, L. de los Á., Oseguera Díaz, G., Wagner Echeagaray, F. A., & Jiménez Tapia, A. (2015). Ideación suicida y su asociación con drogas, depresión e impulsividad en una muestra representativa de estudiantes de secundaria del estado de Campeche, México. *Acta Universitaria*, *25*, 29–34. https://doi.org/10.15174/au.2015.862

Kalmakis, K. A., & Chandler, G. E. (2014). Adverse childhood experiences: Towards a clear conceptual meaning. *Journal of Advanced Nursing*, *70*(7), 1489–1501.

https://doi.org/10.1111/jan.12329

Lozano, R., Gomez-Dante, Garrido-Latorre, F., Jimenez-Corona, Franco-Marina, F., Medina-Mora, M. E., Borges, G., … Murray, C. J. L. (2013). La carga de enfermedad, lesiones, factores de riesgo y desafios para el sistema de salud en Mexico. *Salud Publica de Mexico*, *55*(6), 580–594. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342013001000007&nrm=iso

Organización Mundial de la Salud. (2014). *Adverse Childhood Experiences International Questionnaire (ACE-IQ)*. OMS. Recuperado de http://www.who.int/violence_injury_prevention/violence/activities/adverse_childhood_experiences/en/

Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Neurociencia del consumo y dependencia de sustancias psicoactivas*. *Neurociencia del consumo y dependencia de sustancias psicoactivas*. Washington, D.C.: OPS. https://doi.org/ISBN 92 4 156235 8

Wang, J., Korczykowski, M., Rao, H., Fan, Y., Pluta, J., Gur, R. C., … Detre, J. A. (2007). Gender difference in neural response to psychological stress. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *2*(3), 227–239. https://doi.org/10.1093/scan/nsm018

La utopía del diseño universal en la búsqueda un diseño más cercano al humano.

Jhonathan Dokins Milián / farenblast@gmail.com

Directora de Tesis: Dra. Martha Gutiérrez Miranda

Programa: Maestría En Diseño y Comunicación Hipermedial. UAQ
Tesis: Modelo Hipermedial para la Planificación de trayectos para el sistema de transporte de la UAQ
Egresado - Investigación en Desarrollo

RESUMEN

El diseño universal, visto como una utopía, a pesar de tener el carácter de inalcanzable o imposible, ha sido un catalizador hacia propuestas que buscan cada vez más la inclusión, la accesibilidad y mayores experiencias centradas en el usuario. A lo largo de la historia se ha buscado encontrar la forma para que los objetos creados tengan la posibilidad de ser utilizados por la mayor cantidad de personas. También se han creado movimientos y políticas publicas a favor de la universalidad del diseño y han sido estas metas de carácter utópico, las que ha fomentado un avance en la búsqueda de un diseño cada ves más amigable y útil para el ser humano.

Palabras claves: Diseño universal, utopía, ética.

SUMMARY

Design for all, has been seen as unreachable or impossible as a utopia, but somehow, we find it to be a way to create valuable user-centered experiences based on inclusion and accessibility. The challenge, throughout history, has been to find how to make objects approachable for the greatest number of people. *Universal design* is promoted by several civil right movements and public policies working on achieving utopian goals which, in fact, are the ones that have fostered progress in research of an increasingly friendly and useful design for the human being. Keywords: Design for all, Universal Design, Utopia, Ethics.

1. EL DISEÑO UNIVERSAL

Rara ves reflexionamos en que cada objeto con el que interactuamos ha sido diseñado por alguien o que casi todo lo que llena nuestro mundo ha sido diseñado de algún modo. El diseño es transparente, está ahí aunque no lo veamos y en muchos casos solo somos concientes del él cuando éste no cumple su función o no lo hace a cabalidad. El diseño aparece en la escena no sólo para satisfacer necesidades o resolver problemas, sino para tratar de que la mayoría puedan gozar del uso de dichas soluciones. Sin embargo esta universalidad puede tornarse inalcanzable debido a la mutabilidad de las necesidades humanas y su migracion hacia lo digital: con el avance técnológico, surgen nuevos dispositivos, plataformas o incluso

servicios con los cuales el humano deberá interactuar, dando como resultado un loop iterativo, ya que cuando alguna necesidad se resuelve, surge entonces una nueva que se convirtie en nuevo reto a resolver. En este documento se hace brevemente un mapeo por los procesos sintáctico-semámticos necesarios para que los usarios logren la comprensión de dichas nuevas plataformas. Ésta metodología se desarrollan a profundidad en la Tesis, sin embargo, en este documento también se desarrolla la motivación personal por hacer estudios de posgrado en el ramo del diseño que tiene que ver con el diseño para todos.

Visto como una utopía, el diseño universal ha sido un catalizador hacia propuestas que buscan cada vez más la inclusión, la accesibilidad y mayores experiencias centradas en el usuario. A lo largo de la historia se ha buscado que los objetos creados tengan la posibilidad de ser utilizados por la mayor cantidad de personas posible y paulatinamente también se han creado movimientos y políticas publicas a favor de la universalidad del diseño. Han sido estas metas las que han fomentado un avance en la búsqueda de un diseño cada ves más amigable y útil para el ser humano, pero ¿qué es lo que nos mueve por lograrlo? ¿Por qué es necesario llegar a la vulgarización de los objetos? Y finalmente ¿es el diseño una utópía?

En una escena de la película *2001: Odisea del espacio,* aparece un simio sostieniendo un hueso largo con el cual posteriormente destroza una osamenta animal que yace en el suelo. Es ahí donde se plantea el surgimiento del primer objeto/herramienta utilizado con un propósito específico. Junto con los objetos, aparecen también algunos privilegiados con derecho a usarlos, ya sea por una condición de fuerza física, antigüedad en el grupo, o por alguna otra condición de liderazgo y mando. Con el paso del tiempo no solo surgen, sino que se crean objetos con fines específicos, algunos para los privilegiados y muchos otros se diseñan para satisfacer necesidades de ciertos sectores o bien de sociedades enteras de acuerdo a las necesidades de su época.

El arquitecto Le Corbusier realizó en 1940 una serie de estudios con la inquietud de crear diseños que todas las personas pudieran utilizar. Partió de las medidas antropométricas del humano como referencia para diseñar objetos o espacios arquitectónicos, se valió de principios geométrico-matemáticos como la sección áurea, secuencias numéricas o los múltiplos de la serie de Fibonacci. En sus estudios se apoyó de disciplinas como la antropometría y ergonomía, para llegar a un complejo sistema de medidas y patrones que nombró *El Modulor.* (Franco Taboada, 1996)

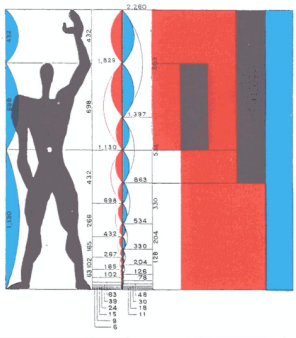


Figura 1. El Modulor. Le Corbusier.

Le Corbusier pretendía que *El modulor* fuese un sistema de medidas superior a los mayoritarios existentes y entre sus principales objetivos se encontraba la normalización, la prefabricación y la industrialización de los objetos para el perfecto goce humano. ¿Qué medida es la adecuada para una silla?, o ¿cuál es la altura correcta del techo de una casa? Son algunas de las preguntas que buscaba responder. Si bien no fue el primero en dedicar parte de su vida a investigar, a través del diseño, las respuestas a esas interrogantes —sus esquemas tienen antecedentes probablemente en dibujos como el Hombre del Vitrubio de Da Vinci o el Codex Huygens de Carlo Urbino (Mallgrave, 2011)—, su sistema fue un caso representativo del esfuerzo por llegar al diseño de productos y entornos que tuvieran la posibilidad de ser usables por el máximo número de personas posible sin necesidad de adaptaciones o diseños especializados, búsqueda metodológica que a la postre recibiría el nombre de Diseño Universal esgrimida bajo la tutela de Ron Mace. (The Center for Universal Design, 1997)

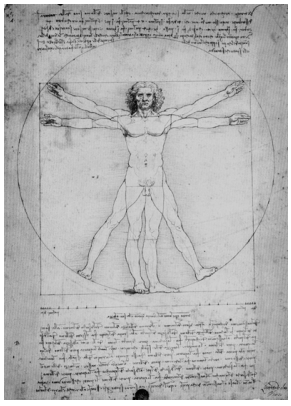


Figura 2. Vitruvian Man. Leonardo da Vinci. (c. 1490)

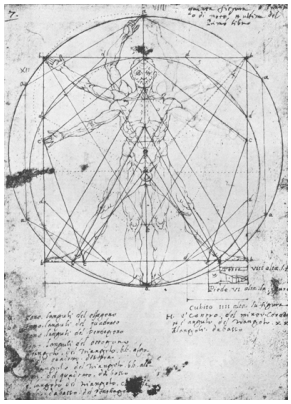


Figura 3. Codex Huygens. Carlo Urbino. Cortesía de The Piermont Morgan Library. Manuscrito 2006. 14, fol 7.

Los Principios Del Diseño Universal

Español Spanish

1. Uso Equitativo
2. Flexibilidad en el Uso
3. Uso Simple e Intuitivo
4. Información Perceptible
5. Tolerancia al Error
6. Esfuerzo Físico Bajo
7. Tamaño y Espacio para el Acceso y el Uso

©1997 The Center for Universal Design, NC State University Raleigh, North Carolina, USA

Tabla 1. Los principios del diseño universal. The center of Universal Design. 1997.

Actualmente el diseño responde en gran medida a principios de carácter monetario: a mayor cantidad de consumidores, mayores ganancias (Hustwit, 2009) . Sin embargo, en la industria también hay empresas que ponen primero el aspecto social, que no buscan solo la rentabilidad sino la satisfacción y el bien común mediante el uso masificado de utensilios o también de servicios.

Dan Formosa, quien se desempeña como deseñador e investigador en la firma neoyorquina Smart Design, autoridad en materia de diseño y cuyo lema es "construyamos un mundo mejor" comenta que sus clientes suelen proporcionar las características sociodemográficas y de usos de quien consideran si principal consumidor. Sin embargo lo que realmente necesitan para diseñar es fijarse en los extremos del usuario promedio, desde el más débil o la persona con artritis, hasta el atleta más fuerte y más rápido, porque si se entiende cómo son los extremos, la media es la solución en sí misma. "Siempre buscamos que la gente haga las cosas mejor y que vea mejoras cotidianas sin que siquiera lo note o piense en ello" (Hustwit, 2009). En esta logíca, el diseñador japonés Naoto Fukasawa cree que el diseño necesita conectar con el comportamiento natural, es decir, en el mundo hecho de acciones que los humanos realizan de manera inconcientemente y sin pensar: el diseño desenvoviéndose en el comportamiento (Hustwit, 2009).

Producto de años de frustraciones en el uso de objetos "diseñados", nace PSICO (Psicologia de los Objetos Cotidianos) escrito por Donald Norman, cuyo tema central es defender la teoría de un diseño centrado en los intereses y necesidades del usuario para que el uso de objetos sea comprensible y sin stress. Para hacer sencillas las tareas difíciles, el autor propone varios principios, nos enfocaremos a uno de ellos donde se aborda el uso de elementos tecnológicos como parte de la interacción humano-maquina:

> "Utilizar la tecnología para hacer que resulte visible lo que de otro modo seria invisible, con lo cual se mejora la retroalimentación y la capacidad para mantener el control"

Norman considera que la interacción a través de interfaces no modifican la tarea sino que transparentan las funciones que el objeto puede realizar, puesto que éstos son un conducto de control con partes ocultas con las que es imposible tener acceso físico. (Norman, 1990) Sin embargo, para que el usuario pueda utilizar un objeto a traves de su interfaz, la información y las instrucciones a relizar deben ser claras, la estructura de las tareas simple, reduciendo al máximo el numero de pensamientos activos que deban seguirse de manera simultánea. Aportar elementos auxilires como pistas y guiños ayuda a no perderse en el intento de uso, además tener un margen de error ayuda a hacer menos frustrante el tener que repetir algún proceso.

Con el desarrollo tecnologíco y la aparicion de las computadoras y nuevos gadgets como los *smartphones* se da un paso mas allá, el objetivo no sólo es interactuar los dispositivos sino con las aplicaciones que pueden ser instaladas en éstos. Es en las aplicaciones donde se tiene acceso a sistemas más complejos cuya información aparecen representada

en las pantallas, ya sea en formato de sitio web o alguna aplicacion móvil, también llamadas app (a cualquiera de éstas le podemos llamar plataforma hipermedial). Cely y Alatriste explican que en la visualización de información, el diseño es una disciplina que mejora la representación sintáctica y semántica de los datos, por medio de infografías, que en una plataforma hipermedial pueden ser interactivas (Cordoba Cely & Alatriste Martínez, 2012).

Las fases del proceso se pueden definir de la siguiente forma:

- Sintaxists. Se clasifican los datos a mostrar en atributos, referentes y patrones.
- Semántica. Se analiza la información por medio de la relación de datos los presentados y la calidad de información obtenida por el usuario.
- Pragmática. Se desarrollan las dimensiones de interacción con el sistema Humano – Máquina (plataforma hipermedial).
- (Cordoba Cely & Alatriste Martínez, 2012)
- En la fase semántica se da el proceso de visualizacion e interacción, qué es la traducción en la pantalla que hace el usuario entre los elementos reales y los representados gráficamente en la plataforma hipermedial. (Gutiérrez Miranda, 2017)

Si alguna de las fases no se desarrolla de manera satisfactoria, tomando en cuenta las caracteristicas del usuario, tanto físicas como cognitivas, es probable que el proceso quede trunco y de como resultado que las personas se sientan frustadas cuando no logran su objetvo en la comprensión o control de la plataforma hipermedial. Mientras mejor se cumplan las fases, más diáfano es el diseño y por lo tanto menos frustante será para el usuario, cumpliendo así para lo que fue creado.

2. ¿ES EL DISEÑO PARA TODOS?

A partir de los movimientos sociales como la lucha LGBT, o el movimiento feminista de los setentas, aparece en la escena grupos de personas con discapacidad con una visión empoderada hacia la movilización y dispuestos a organizarse para obtener igualdad dentro de la ciudadanía. Grupos como la Unión de los Deficientes Físicos Contra Segregación en Londres, emergen con una postura que atribuye la falta de accesibilidad al entorno del usuario y no a las posibles limitantes del usuario en sí. (Shakespeare & Watson, 2002) Esta perspectiva pretende resaltar que lo importante para determinar el grado de usabilidad (Entendida como grado en que un producto puede ser usado por usuarios específicos) no son las carencias particulares del usuario, sino los impedimentos que éstos encuentran en su entorno, ya sean de carácter físico, sensorial, social, e incluso los cognitivos. (UPIAS, 1975)

Esta postura ha buscado respaldo en marcos legales fundamentados en la igualdad de derechos y de

oportunidades, por ejemplo, en 1990 se creó la llamada "Ley para establecer una prohibición clara y completa en la discriminación por motivos de discapacidad" (Americans with Disabilities Act), que prohíbe la discriminación basada en la discapacidad. Se ha buscado también, permanecer en investigación continua a través de organismos normativos como del *International Organization for Standardization* (ISO), fundado en 1947. Este organismo, dedicado a la creación de estándares internacionales, incorpora en 1974 el apartado #159[1], cuyo alcance pretende la *normalización* en los campos de la ergonomía, antropometría y biomecánica, llegando incluso hasta la ergonomía de interacción del humano y de su entorno físico, dirigiéndose particularmente hacia las características humanas, el rendimiento y los métodos para especificar el diseño y evaluación de productos, sistemas, servicios, ambientes e instalaciones. (Organización Internacional para la Estandarización, s.f.)

Siguiendo este ímpetu, se suman posturas con un carácter de diseño más humanista y en las últimas décadas, se ha abordado esta necesidad de tratar de "incluir" a la mayoría de las personas mediante la creación y estudio de conceptos como diseño inclusivo, diseño inclusivo sensible al usuario, pasando por conceptos ya utilizados como accesibilidad e usabilidad. Para justificar y dar sustento a estos esfuerzos en el diseño y de su interés por la "universalidad", se formulan distintos argumentos socio-políticos los cuales han ido permeando al punto que gobiernos de algunos países los usan como eje rector de las políticas públicas (Alonso, 2007):

1. Ético-político. La no discriminación.
2. Legal y normativo. Modificar las legislaciones existentes.
3. Demográfico. Abarcar a un máximo de población beneficiaria.
4. Económico. Una aproximación a la reducción de costos y aumento de los beneficios.

Otras Iniciativas como las de ind.ie.com una pequeña empresa social que lucha por la justicia social en la era digital, propone un manifiesto del diseño ético, el cual se centra en tres puntos fundamentales:

- Los derechos humanos. El diseño debe ser descentralizado, privado, abierto, interoperable, accesible, seguro y sustentable.
- El esfuerzo humano. El diseño debe tener un carácter funcional, conveniente y fidedigno.
- La experiencia humana. El diseño debe proporcionar experiencias atractivas y cautivadoras.

[1] Existen otras catalogaciones ISO como la 9242, 16071 y el la 13407 que promueven a su vez la definición de estándares en materia de ergonomía para la interacción y diseño centrado en el usuario.



Tabla 2. Ethical design manifesto.

Así podríamos continuar con ejemplos de diseñadores, teóricos o científicos que han centrado los esfuerzos en llegar a la gran meta de la universalidad. Mas allá de fines mercantilistas, cabe preguntarse, por qué ha sido incesante ésta búsqueda de lograr diseños universales o con este carácter inclusivo ¿en qué momento pasamos a que existieran políticas, regulaciones y estandarizaciones que dirijan la forma de repensar el diseño?

Todos estos esfuerzos, movimientos y políticas, si bien tienen un fin noble, es muy difícil lograr concebir un estándar debido a la complejidad [2] de las capacidades físicas y cognitivas del hombre. Aunque estas capacidades —o discapacidades— llegan a ser parecidas en distintos grupos sociales, los múltiples aspectos sociales, políticos, o educativos de cada individuo, hacen que un amplio sector no logre entrar en ciertos entornos, no pueda entender determinadas plataformas, así como tampoco utilizar algunos objetos. Las capacidades físicas y motrices pueden ayudar a utilizar ciertos diseños de forma correcta, pero antes son sus capacidades cognitivas las que determinarán la comprensión de su funcionamiento y forma del uso.

3. LA UTOPÍA DEL DISEÑO

Aunque desde el punto de vista utópico[3], la historia humana es un continuo de sueños frustrados, de metas no realizadas o medio realizadas (Bloch, 2007), y ha dejado inconclusas sus promesas de bienestar y desarrollo (Olea, 2011), es importante ver cómo a través de las utopías es que se ha dado parte del progreso en materia de diseño aunque haya sido

[2] El término complejidad no se refiera a las cosas difíciles, sino a la cantidad de interacciones entre elementos.

[3] La utopía, es un concepto acuñado por Tomás Moro y su significado es literalmente “ninguna parte".

parcial, inacabado o muchos hayan definitivamente fracasado.

El filósofo Ernst Bloch, en 2007, hace una crítica hacia quienes tildan la utopía como algo irrealizable, cuando resulta que en toda la historia la humanidad se ha estado plagado de castillos en el aire que siempre son necesarios para levantar los verdaderos. El autor ve la utopía como un ideal para mejorar la sociedad o a la personas y, como antítesis, presenta la "nada", ese vacío que crece cuando faltan motivos para seguir adelante, tener metas por cumplir y cuando todo lo que rodea parece inmodificable. No obstante, en un momento determinado aparecerá otra vez el deseo, la esperanza e incluso, por qué no, hasta la utopía de un mundo mejor. (Aberdi, Pilar, 2013)

Con una postura menos optimista, el pensador I. Wallerstein hace alusión a la necesidad de mediar lo que la ciencia, la moralidad y la política enseñan que deben ser nuestras metas: metas generales y no los fines secundarios que llamamos medios, lo cuales también son importantes, pero sólo son parte de los problemas de la vida cotidiana de un sistema histórico. Establecer con eficiencia las metas sociales generales y más aún, lograrlas, resulta difícil, es por ello que para hablar de metas realizables Wallerstein inventa la palabra *Utopística,* en sustitución de la Utopía, aludiendo a que las utopías si bien han sido mecanismos de movilización, políticamente tienden a fracasar ya que son generadoras de ilusiones y —cosa inevitable— de desilusiones. Según su inventor, la utópica en cambio surge como una evaluación seria de las alternativas históricas, sobria, racional y realista de los sistemas sociales humanos y sus limitaciones, así como de los ámbitos abiertos a la creatividad humana. (Wallerstein, 1997)

No es el rostro de un futuro perfecto sino el de un futuro alternativo, realmente mejor y plausible —aunque incierto— desde el punto de vista histórico. Es por lo tanto, un ejercicio simultáneo en los ámbitos de la ciencia, la política y la moralidad, y es bajo esta tesis, donde el diseño, probablemente sin saberlo, se ha desenvuelto como un disciplina cuya la meta ha sido, es y seguirá siendo, la de ser universal. Incluso pretende en la gran mayoría de los casos, ser evaluada o por lo menos sometida a escrutinio, todo esto dentro de los límites de su propia creatividad para dar solución verificable a los problemas humanos.

La búsqueda de la universalidad en el diseño, ha sido ese sueño permanente que en su camino ha pasado a crear procesos, fijar reglas de estandarización, crear políticas públicas, generar cuestionamientos éticos y sociales en aras de ser útil para el humano, puesto que de el surge y para él responde. Es en esta arena, donde el pensamiento del Diseño universal se convierte más en una filosofía o actitud y no en el resultado de un producto final. (Stephanidis, 2001)

4. CONSIDERACIONES FINALES

Algunas consideraciones finales y a modo de interrogantes abiertas, comentaré lo siguiente:

Como se mencionó anteriormente, varios estatutos del diseño refieren que éste debe implicar, poco esfuerzo del usuario para hacerlo más accesible. Se busca entendiblemente, que la persona discapacitada realice el mínimo esfuerzo posible, aunque eso ha llevado a reducir también el esfuerzo de las personas que no tienen discapacidades. Se ha promovido incluso la reducción del pensamiento para resolver cuestiones de interacción básicas. (Krug, 2006) Si bien es innecesario pensar de más, no tenemos un límite el la medida mínima del esfuerzo que es posible realizar. ¿Es el grado máximo de satisfacción no realizar esfuerzo alguno, ni a nivel físico o nivel cognitivo? ¿Cuándo se está satisfecho con un diseño? ¿Estamos todo el tiempo en "modo beta"?

Para definir mejor las características para todo tipo de diseño, un procedimiento útil y necesario es el de la delimitación del usuario, puesto que sólo así es posible garantizar la entera satisfacción para el usuario objetivo. Ante esto, tenemos la dicotomía entre diseñar para todos y la de diseñar para el segmento. Si un diseño, de cualquier clase o índole, tiene un público objetivo, esto no significa, que alguien para quien no está dirigido, sea incapaz de poderlo utilizar o comprender. Aunque es inminente que las capacidades cognitivas y culturales de ciertos públicos incidirá directamente en su comprensión o utilización cabal de los diseños. Dicho de otra forma, el diseño a la vez que busca su universalidad, tiene su lado "oscuro" que lo obliga a segmentar. Dentro de un universo, tenemos micro universos.

Bibliografía

Cordoba Cely, C., & Alatriste Martínez, Y. (14 de 03 de 2012). Hacia una taxonomía de investigación entre Visualización de Información y Diseño. *No solo usabilidad*. Obtenido de http://www.nosolousabilidad.com/articulos/taxonomia_visualizacion.htm

Alonso, F. (2007). *Trans. Revista de traductología*(II).

Aberdi, Pilar. (13 de 12 de 2013). *EL PRINCIPIO ESPERANZA de Ernst Bloch.* Recuperado el 20 de 11 de 2017, de http://pilaralberdi.blogspot.mx/2013/12/el-principio-esperanza-de-ernst-bloch.html

ARQHYS.com, E. d. (s.f.). *El Modulor – Le Corbusier*. Recuperado el 25 de 11 de 2017, de Arqhys Arquitectura : http://www.arqhys.com/articulos/el-modulor-corbusier.html

Bloch, E. (2007). *El principio de la esperanza* (Vol. 1). Madrid: TROTTA.

Franco Taboada, J. M. (1996). El modulor de Le Corbusier (1943-54). *Boletín Académico. Escola Técnico Superior de Arquitectura da Coruña*(20).

Gandhi, L. (Dirección). (2003). *Tipografía Gandhi* [Película].

Gutiérrez Miranda, M. (19 de 12 de 2017). Semiótica y tecnología: la interfaz icónica y el signo interactivo.

Hassan Montero, Y. (2014). Propuesta de adaptación de la metología de diseño centrado en el usuario para el desarrollo de sitios web accesibles. *Revista española de Documentación Científica, 27*(3).

Hustwit, G. (Producer), & Hustwit, G. (Director). (2009). *Objectified* [Motion Picture].

Krug, S. (2006). No me hagas pensar. (pág. 216). Nueva Jersey: PRENTICE-HALL.

Mallgrave, H. F. (2011). *The architect's brain: neuroscience, creativity, and architecture.* West Sussex, United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.

Norman, D. (1990). *La psicología de los objetos cotidianos.* Madrid: Editorial NEREA S.A.

Olea, V. F. (05 de 2011). La crisis de las utopías. Entrevista a Víctor Flores Olea. 149-158. (D. A. Añorve, Entrevistador, & D. d. Gobierno, Editor) Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública .

Organización Internacional para la Estandarización. (s.f.). *Organización Internacional para la Estandarización*. Recuperado el 20 de 11 de 2017, de ISO / TC 159: www.iso.org/committee/53348.html

Shakespeare, T., & Watson, N. (2002). The social model of disability: an outdated ideology? *Research in Social Science and Disability, 2*, 9-28.

Stephanidis, C. (2001). *Universal Access in the Information Society A retrospective of recent activities.* Recuperado el 20 de 11 de 2017, de Institute of Computer Science (ICS): https://www.ics.forth.gr/files/ch12001/stephanidis.pdf

The Center for Universal Design. (1997). Recuperado el 10 de 11 de 2017, de The Principles of Universal Design, Version 2.0.: https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/docs/use_guidelines.pdf

UPIAS. (1975). Fundamental Principles of Disability.

Wallerstein, I. (1997). Utopística o las opciones históricas del siglo XXI . Auckland .

Sororidad cibernética frente a la violencia contra las mujeres

Investigadora: Ana Paola Galván Serrano
paola.galvanserrano@gmail.com

Asesora: Patricia Westendarp Palacios
patriciawestendarp@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

La violencia contra las mujeres es una problemática grave que, a su vez, genera una lucha constante entre los cuerpos femeninos. La sororidad actúa contrapuesta a lo anterior, donde las acciones sociales se han apropiado de las redes sociales cibernéticas para generar espacios de acompañamiento y contención entre mujeres, útiles para expresar y problematizar las formas de convivencia que las han discriminado. En el presente proyecto se trabajó con mujeres estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Querétaro, partiendo de la Investigación Acción Participativa Feminista. Enfoque que resultó necesario para desarrollar sus experiencias y conocimientos, y así, diseñar los alcances de la investigación y su posterior intervención. Desde la aplicación de grupos focales se buscó describir los conocimientos y experiencias relacionadas a la violencia contra las mujeres. Explorar si las redes sociales cibernéticas pueden ser una herramienta para formar lazos de sororidad, y propiciar un espacio donde las estudiantes propusieran acciones ante la problemática planteada. A partir de la escucha con las otras, reconocieron situaciones de violencia encarnadas, externando emociones como miedo, enojo e impotencia. Señalaron haber naturalizado la competencia entre mujeres, proponiendo espacios para promover redes de apoyo usando entre las diferentes herramientas las redes sociales cibernéticas. La creación de espacios de escucha y aprendizajes colectivos favorece el reconocimiento de situaciones de opresión, donde al compartir sentires y conocimientos se les permite trazar sus propias narraciones, favoreciendo la problematizaron de las construcciones de género y las acciones colectivas de afrontamiento.

Palabras clave: violencia contra las mujeres, sororidad, redes sociales cibernéticas, jóvenes universitarias.

Summary

Violence against women is a serious problem and generate a constant fight between the women's bodies. Sorority is an opposite, the social groups have apropiated the uses for cyber social networks to accompaniment between the women. This is usefull to express the situations that have discriminated them. In this Project we worked with the method Participatory Action Feminist Research with young women who study in Universidad Autonoma de Queretaro. This process outcome necessary to explore the experiences and knowledges from the participants. Then, we design the investigation and the intervention. With the focal groups tecnique, we looked to describe the experiencies about violence. And find if the cyber social media networks could be a efective media to promote the sorority. The students recognized violence situations, shared emotions like fear, anger and impotence. They said that they have normalized rivalrly between women. The students proposed to promote the sorority using the cyber social networks. The activities where the young women listen to each other stimulates the recognition of opression situations. When they shared feelings and knowledge they made their own narratives; this fact favors the problematization of gender constructions and promotes coping in groups.

Key words: violence against women, sorority, cyber social networks, college students.

Introducción

La violencia contra las mujeres en México es un problema que, si bien se ha abordado desde diferentes disciplinas, sigue estando presente en todos los espacios de nuestra sociedad. Las mujeres no están seguras en los espacios públicos ni en los privados. Tan sólo de enero a febrero del 2019 en el país fueron

asesinadas 568 mujeres, y sólo 147 de los casos han sido investigados como feminicidios (Amnistía Internacional, 2019).

Este fenómeno ha sido definido a partir del análisis de las brechas de desigualdad. La Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (LGAMVLV, 2018) la refiere como cualquier acción u omisión, basada en su género, que cause en las mujeres daño o sufrimiento psicológico, físico, patrimonial, económico, sexual o la muerte tanto en el ámbito privado como en el público. Es relevante señalar que las diferentes expresiones de la violencia traspasan todos los ámbitos y estratos sociales. Las instituciones y la sociedad forman parte de un entramado del sistema patriarcal que promueve e incluso justifica actos violentos en contra de las mexicanas. La cultura machista que se encuentra latente en cada uno de los espacios limita la empatía con otras mujeres y promueve la competencia entre las mismas. Se han creado enemistades entre compañeras, incluso sin haber tenido una experiencia negativa con alguna de ellas. Esta enemistad es reforzada con dichos populares como "mujeres juntas ni difuntas", o "el peor enemigo de una mujer es otra mujer". Esto ha educado a las mujeres a rivalizar, a enemistarse e incluso discriminarse. La sororidad, descrita como la experiencia subjetiva que conduce a la búsqueda de relaciones positivas de alianzas existenciales y políticas entre mujeres (Lagarde, 2012), resulta indispensable para expresar y cuestionar las formas de convivencia que durante muchos años han discriminado a las mujeres.

Como otras formas de afrontamiento ante situaciones de violencia, la participación ciudadana no se ha limitado a los organismos gubernamentales. Ante la ausencia institucional y la ineficiencia de los mecanismos legales, surgen nuevos espacios de acción dentro de las plataformas cibernéticas. Las nuevas aplicaciones en los medios digitales han cambiado la presencia y participación de las mujeres, suponiendo un cambio en el panorama de las relaciones interpersonales, en la comunicación entre personas y grupos, sobre todo en las jóvenes. Aunque prevalezcan brechas de acceso al internet, es necesario considerar la diversidad de dinámicas que se construyen entre los espacios online y offline. En la actualidad, el uso de redes sociales cibernéticas es preciso para la comunicación con las y los demás en algunos sectores de la sociedad. Como mencionan Navarro, Martínez-García y Vialás (2018) las organizaciones que promueven los Derechos Humanos de las Mujeres por medio de Facebook consiguen tener impacto en la concientización de la violencia de género, convirtiéndose en una plataforma que crea una noción de sororidad y es percibida como cercana, donde las mujeres se sienten seguras para denunciar casos de violencia.

Es así como la presente investigación tiene como objetivos: 1) Realizar acercamientos con las jóvenes para describir sus experiencias ante situaciones de violencia, y si han logrado crear un espacio de ayuda con otras mujeres. 2) Explorar cómo las mujeres jóvenes a través de los espacios cibernéticos pueden poner en práctica principios de la sororidad para contribuir al reconocimiento y acompañamiento en situaciones de violencia. Y 3) Propiciar un espacio en el que las participantes propongan acciones, para con ello coadyuvar al afrontamiento de situaciones de violencia.

A pesar de que la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) cuenta con especialistas e instancias que abordan el tema de la violencia de género, las estudiantes consideran que estos mecanismos en ocasiones no son suficientes, no cumplen con los objetivos pactados o la comunidad universitaria no conoce sus funciones y alcances.

De acuerdo con lo anterior, se llega a las siguientes preguntas: ¿Cómo enfrentan las mujeres jóvenes situaciones de violencia?, ¿qué papel han tenido las mujeres cercanas ante estos afrontamientos?, y ¿de qué manera el uso de las redes sociales cibernéticas puede contribuir a formar una red de sororidad ante situaciones de violencia contra las mujeres?

Metodología

La presente investigación es de tipo aplicada, con metodología cualitativa y de alcance descriptivo, a través del enfoque de Investigación Acción Participativa Feminista (Flamtermesky, 2012). Esto con el objetivo de desarrollar las experiencias y

conocimientos de las participantes para diseñar los alcances de la investigación respondiendo a sus necesidades. Los estudios sobre la violencia contra las mujeres emanan una urgencia en el diseño de acciones concretas y de diferentes formas de intervención. La autora propone y fundamenta la importancia de escuchar las experiencias de las mujeres que aportan conocimiento desde la perspectiva de sus problemáticas. La comprensión del mundo nace de una cultura que a lo largo de la historia ha silenciado y devaluado sistemáticamente a las mujeres, por lo que resulta relevante su participación en los procesos de investigación que involucren metodologías que trabajen la urgencia y pertinencia de sus aportaciones.

Población y muestra

Para los objetivos planteados, fueron seleccionadas mujeres de 19 a 29 años, estudiantes del nivel de licenciatura de la Facultad de Psicología, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y Facultad de Bellas Artes de la UAQ. La muestra es no probabilística y homogénea. Las participantes fueron seleccionadas de acuerdo con los criterios mencionados y la muestra cumple en su totalidad con los mismos. Por lo tanto, la convocatoria para participar en los grupos focales fue dirigida a criterio de la investigadora.

Técnicas

La técnica de grupo focal se llevó a cabo a través de diferentes actividades realizadas en dos sesiones. Para esto se diseñaron dos cartas descriptivas, que tienen una duración de cuatro horas cada una. En dichas planeaciones se encuentran las siguientes actividades: formación de conceptos en equipos, creación de cuentos, lluvia de ideas, propuesta de imágenes y elaboración de dibujos grupales; cada una con sus metas propuestas, los objetivos y los recursos requeridos. Se planeó de esta manera con el objetivo de priorizar la participación de las estudiantes, involucrándolas en todo momento de manera activa en la discusión de los temas, invitándolas a usar su creatividad.

Además, se diseñó una encuesta conformada por 10 reactivos con opción de respuesta abierta, aplicada al finalizar las sesiones del grupo focal. En esta encuesta se aborda el uso de las redes sociales cibernéticas y su relación con la violencia contra las mujeres. De igual manera, se plantea la utilidad de estas redes en la promoción de las prácticas sororas con las estudiantes de la UAQ.

Recursos humanos y materiales

Para la realización de los grupos focales, se requirió de una facilitadora con experiencia en intervención grupal y manejo de temas relacionados a los Derechos Humanos de las Mujeres y a la violencia de género. La investigadora del presente trabajo contó con los requisitos mencionados para moderar los grupos focales. De igual manera, se requirió la colaboración de una co-facilitadora para realizar anotaciones pertinentes que complementen la información obtenida, así como asistir en las situaciones que demandaron apoyo. Se requirió de un aula con una silla para cada participante y una mesa por cada 4 estudiantes. Además, se hizo uso de 5 cartulinas, 20 plumones de colores, 20 hojas de colores tamaño carta y una pluma para cada participante. Se entregó a cada una de las participantes un consentimiento impreso para ser firmado, del cual se obtuvo un tanto.

Durante todo el procedimiento se respetó la confidencialidad de la información obtenida y el anonimato de las estudiantes. En relación con los instrumentos que se emplearon no expuso riesgo alguno para las participantes. La información obtenida fue de acuerdo con sus experiencias y se escucharon sus propuestas de manera voluntaria. Al terminar las sesiones, se les proporcionaron directorios con la información pertinente sobre instituciones públicas y de la sociedad civil que pudieran dar seguimiento y/o asesorarlas en caso de encontrarse en una situación de violencia.

Desarrollo

Se realizaron entonces tres grupos focales con actividades, uno por cada facultad, teniendo un total de 65 participantes. De manera descriptiva, se transcribieron los resultados obtenidos de cada una de las actividades en documentos del programa Microsoft Word, del cual se obtuvieron ocho documentos. A través de uso del programa Atlas ti se hizo un análisis cualitativo de contenido, categorizando la información obtenida con relación

en los siguientes ejes: a.- Violencia contra las mujeres (conocimientos, experiencias y formas de afrontamiento), b.- Sororidad (representación del concepto, factores que facilitan y dificultan la sororidad), c.- Redes sociales cibernéticas (usos, relación con la violencia contra las mujeres y relación con la sororidad), y d.- Propuestas de acción de las participantes (desde sus recursos y conocimientos).

A partir de ello, se agruparon las citas textuales por categorías, eligiendo las más relevantes que fueron introducidas en una tabla. Se agregó a cada una la vinculación con la teoría revisada y las inferencias realizadas como investigadora, construyendo así el apartado de resultados. Posteriormente, se elaboró un árbol de problemas (Fig. 4) en el que de manera gráfica se exponen y se relacionan las diferentes categorías obtenidas en los datos.

Resultados

Al llevar a cabo las técnicas de producción de información durante los grupos focales, se partió de la discusión desde el tema de la violencia contra las mujeres, y consecuentemente, se analizaron las demás variables en relación con la misma.

Para ustedes ¿qué es la violencia contra las mujeres?

En la técnica "lluvia de ideas" las alumnas relacionaron la violencia contra las mujeres con el machismo, la desigualdad, la prohibición y discriminación hacia las mujeres. Mencionan como efectos las emociones negativas: miedo, impotencia, dolor, tristeza, desesperación, entre otras. Si bien no conocen una definición formalizada del concepto, reconocen que este tipo de violencia las involucra de manera directa, como un acto que las discrimina por el hecho de ser mujeres.

Señalaron que los tipos de violencia que percibieron con más peligro de vivir son: la violencia sexual en primer lugar, y segundo lugar la violencia psicológica y violencia física. Dentro de los ámbitos en los que se identifican más vulnerables señalaron a la comunidad y a la familia, incluyendo en esta última a la relación de pareja. Durante las sesiones se creó un espacio de confianza en el que las participantes tuvieron la iniciativa de compartir experiencias personales de violencia. Se contabilizaron 25 experiencias, las cuales fueron expresadas de manera oral y escrita. Se destaca la violencia sexual (acoso sexual callejero, abusos sexuales y violación), violencia psicológica (humillaciones, chantajes e insultos) y violencia física (jaloneos y golpes), las tres dentro del ámbito comunitario y familiar. Datos que muestran una coherencia con la jerarquización que hicieron al inicio de la sesión. Se destaca de igual manera la sensación de indefensión e impotencia que las estudiantes perciben ante la figura masculina que ejerce la violencia. Han señalado el temor a ser revictimizadas al contar sus experiencias de manera pública. Mencionaron haber observado cómo a través de las redes sociales cibernéticas mujeres de distintas partes de México y el mundo han denunciado experiencias de violencia de género, en su mayoría violencia sexual. Y cómo por medio de los comentarios se cuestiona la veracidad de los hechos y la credibilidad de la mujer que ha emitido la denuncia, insultándola e incluso recibiendo amenazas.

Al compartir una de las participantes una situación de violencia psicológica con su expareja, las demás comenzaron una a una a mencionar "yo también con mi pareja…", "yo también tenía un novio…, "yo también con mi ex…". A partir de ello se toman en cuenta varios aspectos: el primero, en torno a la apertura que se fue creando durante la sesión para compartir dichas vivencias sin que se les indicara por parte de la facilitadora y sin ser aquel un espacio terapéutico. Fue entonces un lugar de empatía y confianza que se fue creando con las involucradas. Segundo, el 70% de las participantes reconocieron haber vivido al menos una situación de violencia de género en alguna relación de pareja. Tercero, durante las diferentes actividades comentaron identificar experiencias propias de violencia al escuchar a sus compañeras. El externar vivencias similares dentro del grupo facilitó la detección de situaciones de abuso que algunas de ellas habían experimentado. El impacto que tienen sus compañeras sobre ellas mismas en lo individual y colectivo ha generado en ellas una conciencia de las vivencias de violencia de género, y ha tenido gran influencia en cómo las han afrontado (Ardón, 2016).

Dentro de los espacios que abordan el tema de la violencia contra las mujeres, se ven favorecidos aquellos que en sus procedimientos integran el discurso feminista, el cual visibiliza la raíz de los hechos, destapando la estructura patriarcal que promueve e incluso justifica los actos violentos. Lo anterior confirma las aportaciones realizadas por Delgado (2018) sobre la influencia del feminismo en la identificación y expresión de violencias vividas por jóvenes. Señala que dentro de su estudio aquellas mujeres que se identificaron como feministas y comentaron haber vivido violencia de género, habían encontrado espacios para hablar de sus experiencias, lo que había facilitado su reconocimiento.

Sororidad

El concepto de sororidad fue definido por las participantes por medio de las diferentes actividades, señalaron actitudes que reflejan la rivalidad asimilada entre mujeres y compartieron experiencias que reconocen como sororas. Llegaron a las siguientes aseveraciones: la sororidad es una forma de relacionarse con las demás, la cual implica el cuidado propio y de las otras, la escucha que no las juzga y un espacio para reflexionar sobre la rivalidad que les ha impuesto la sociedad. Algunas de ellas aseguraron contar con lazos sororos dentro del ámbito familiar con sus hermanas, primas, madre, quienes no reconocen esta alianza desde el concepto, pero sí es percibido, sobre todo en momentos de acompañamiento en situaciones de violencia.

Se les indicó que por medio de imágenes representaran de manera grupal lo que facilita y lo que dificulta a la sororidad. Tuvieron la apertura para tomar fotografías, descargar imágenes de internet, buscar dentro de la galería en sus teléfonos móviles, entre otras. Entre las imágenes elegidas, se presenta la Figura 1, en la cual identificaron a la sororidad como un lazo de unión, de empatía, el cual no se da en cualquier relación de amistad, sino como un sentimiento de unión que se da entre mujeres.



Figura 1. Imagen sororidad

Haciendo referencia a la empatía, durante la actividad "Dibujo sororidad" las estudiantes la representaron de la siguiente manera:



Figura 2. Dibujo árbol papayo

En el dibujo anterior, hacen referencia a las vulvas como símbolo representativo de las mujeres, esto a través de la metáfora de las papayas. Reconocen un aspecto biológico genital que las identifica como mujeres, el cual es plasmado con un árbol que crece dentro de un zapato; es necesario "ponerse en los zapatos de la otra". Este árbol simula el cuidado y constancia que requiere hacerse entre mujeres para que la sororidad se lleve a cabo.

A través del grupo focal, las jóvenes hicieron referencia a la importancia de considerar las diversidades entre mujeres; un proceso de reflexión constante que hace considerar a las demás no importando su edad, nivel socioeconómico o color de piel, esto puede verse representado en el siguiente dibujo elaborado en una de las actividades:



Figura 3. Dibujo interseccionalidad

Aunque no se ha referido al concepto literalmente, las estudiantes representaron a través del dibujo la interseccionalidad, aspecto fundamental dentro del feminismo. La interseccionalidad considera las posturas de cada participante desde su contexto y experiencia. Emerge como herramienta conceptual y analítica útil para la investigación y la comprensión de las formas particulares en que el género se relaciona con otras formas de exclusión en diferentes contextos (Cubillos, 2015). Esto quiere decir que las experiencias de discriminación vividas por las mujeres no pueden adoptarse en una perspectiva jerárquica de una sobre la otra, ya que cada una experimenta opresión de diferentes maneras. Es entonces de gran relevancia reconocer la diversidad de las jóvenes universitarias, planteamiento que ha estado presente al teorizar y llevar a la práctica los temas abordados en el presente trabajo.

Respecto a los aspectos negativos reconocidos en las relaciones entre mujeres, las estudiantes señalan a la envidia y la competencia como las principales razones que dificultan la sororidad. Hubo una apertura para reflexionar sobre cómo estos factores dentro de la cultura promueven constantemente humillaciones, burlas y chismes entre mujeres al no cumplir con los estereotipos establecidos. Estos ataques se generan en diferentes espacios incluyendo los cibernéticos.

Al compartir ejemplos de revictimización y saboteo entre mujeres, reconocieron como efectos la frustración y la tristeza. En este punto sale a relucir la importancia de las figuras femeninas en los afrontamientos ante situaciones de violencia y la confianza que se genera entre ellas. Si bien no son responsables de la situación de violencia, estas redes de apoyo pueden ser de gran utilidad para el acompañamiento físico y emocional en los procesos posteriores. Durante esta reflexión, algunas estudiantes señalaron que es probable que las mujeres atacan a las otras porque no se han reconocido como víctimas, es decir, no han identificado si alguna vez han vivido una situación de violencia por razones de género, lo que dificulta sentir empatía por lo que la otra está viviendo.

Las estudiantes han referido a la sororidad como aquella que no tolera actitudes violentas, incluso cuando vienen de otras mujeres. El compromiso de la sororidad no significa una aceptación incondicional a conductas que provoquen un daño a su integridad. Las mujeres replican conductas machistas con las otras, lo que claramente genera desconfianza, limitando la creación de lazos sororos con sus cercanas. La sororidad es vista no como una amistad superficial, sino como una alianza que es empática y que, entre otras cosas, funciona para acompañarse en situaciones de violencia. Una de las participantes compartió haber tenido una experiencia que reconoce como sorora al haber participado en el “tendedero de denuncias” de la preparatoria. Afirma haber colocado su experiencia de acoso sexual por parte de uno de los docentes. Ante esto, las alumnas egresadas de cuatro generaciones anteriores asistieron a la protesta para apoyarla, ya que además de no querer dejarla sola, habían vivido de igual manera acoso sexual por los mismos docentes en años anteriores. La sororidad no es entonces un estado permanente, sino acciones concretas que reconocen la ayuda y el compromiso necesarios para contenerse y acompañarse en situaciones de desigualdad y violencia generadas por los mandatos de subordinación depositados en las mujeres.

Redes sociales cibernéticas

La información adquirida respecto al uso de las RSC fue por medio de la encuesta diseñada y aplicada en

la presente investigación. Se encontró que todas las participantes, 65 en total usan diariamente una o más redes sociales cibernéticas. En cuanto a la plataforma digital más usada se encuentra Facebook con 52 usuarias, seguido de Instagram con 48, WhatsApp 36 y Twitter 27. De acuerdo con los usos que les dan a dichas plataformas se encuentra en primer lugar mantenerse en contacto con personas conocidas, seguido de usarlas para entretenimiento/ocio, y en tercer lugar son usados como medios informativos. Los cuales afirman, sustituyen los noticieros que se emiten en la televisión y la radio, asegurando no confiar en la información que emiten estos medios convencionales.

Las participantes reconocen que el uso de las redes sociales cibernéticas les ha generado emociones al observar publicaciones sobre la violencia contra las mujeres. Identifican miedo e impotencia al leer noticias sobre feminicidios, violaciones y otras formas de violencia contra los cuerpos femeninos. Además, reconocen sentir enojo al leer las opiniones con contenido de burla y/o revictimización a las mujeres.

A partir del uso de estos medios, también se han enterado de protestas feministas y denuncias virtuales sobre acoso sexual que han realizado mujeres de diferentes ciudades en México, e incluso en otros países. Esta información es obtenida por medio de videos, imágenes, infografías, twits, canciones, hilos de opinión, memes, entre otros. Algunas de ellas reconocen haber usado estos espacios virtuales para hacer denuncias de manera individual y colectiva. Afirman haber usado hashtags como #MeToo y #MeTooUAQ para denunciar situaciones de violencia sexual dentro de los espacios académicos. Si bien las redes sociales cibernéticas resultan útiles para el reconocimiento de situaciones de violencia de género, es importante reconocer que estos espacios no reemplazan los encuentros presenciales, es decir, utilizar estas plataformas como herramientas es de gran utilidad sin que éstas sustituyan el contacto físico entre las involucradas.

Los cuerpos de las mujeres se han visto colonizados a lo largo de la historia, pues las normas sociales restringen la libertad de las mujeres sobre la autonomía de sus propios cuerpos, estos espacios confinados dificultan el acuerpamiento, aquellos cuerpos femeninos reunidos, juntando potencias y ejerciendo apoyo mutuo (Esquivel 2019). Para la apertura de espacios de acompañamiento resulta relevante la presencia de los cuerpos femeninos, y la generación de potencias que impulsen el apoyo mutuo, reforzando de esta manera los lazos entre las mujeres.

Propuestas de acción frente a la violencia contra las mujeres

Para la escucha de las propuestas expresadas por las jóvenes se reiteró la importancia de sus aportaciones; uno de los objetivos del presente trabajo es abrir espacios en los que se escuche lo que las mujeres desean y proponen desde sus diferentes experiencias y contextos. Cada aportación es tomada en cuenta, creando una dinámica horizontal entre todas las involucradas. Las propuestas obtenidas se dividen en cuatro categorías:

a) Capacitación

Expresaron la importancia de impartir capacitaciones/talleres a la comunidad universitaria en temas relacionados a los Derechos Humanos de las Mujeres, Violencia de género y Feminismo. Además de compartir recomendaciones sobre qué hacer ante este tipo de situaciones, e información pertinente sobre instituciones dentro y fuera de la UAQ.

b) Apertura de espacios desde y para las mujeres

Señalaron la importancia del factor presencial para el reconocimiento y acompañamiento ante situaciones de violencia, por lo que proponen la apertura de círculos de mujeres, espacios seguros para conocerse, compartir sus experiencias y crear alianzas.

c) Creación de grupos en las redes sociales cibernéticas

Identificaron a dichas plataformas como herramientas útiles para informar, monitorearse en situaciones en las que se sienten inseguras y compartir todo aquello relacionado a la violencia contra las mujeres y la promoción de la sororidad.

Árbol de problemas

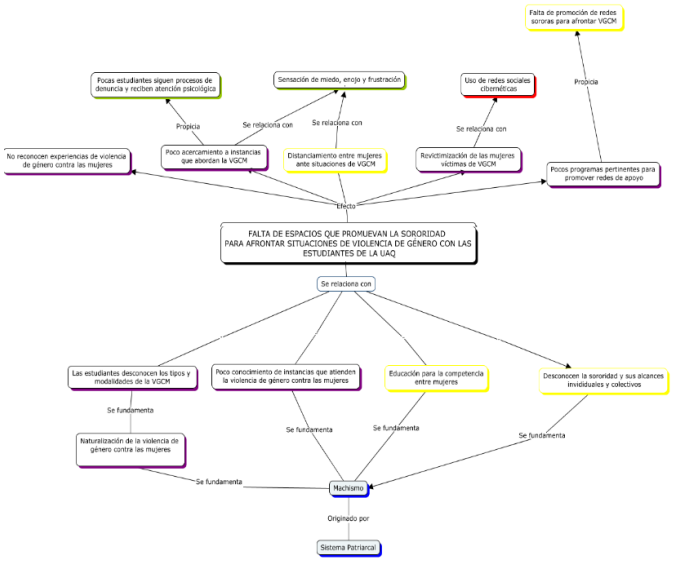


Figura 4. Árbol de problemas

Discusión

Las experiencias de las mujeres ofrecen recurso empírico y teórico, pues éstas poseen connotaciones políticas. En las vivencias de las participantes se recuperaron historias y narrativas cotidianas donde se reflejan las situaciones de desigualdad e injusticia, y en ocasiones también se observan formas de afrontamiento. Las experiencias compartidas deben abordarse desde el lenguaje como base de la producción de conocimiento de las sujetas, y situarlas en un análisis económico-político global (Mohanty, 2003). Al expresar las narrativas y reconocer su capacidad de agencia, se construyen y se repiensan las diversas formas de dominación que están presentes, tanto en el lenguaje como en el cuerpo. La externalización de vivencias relacionadas a la violencia y la escucha atenta de las otras favorece la localización de situaciones de injusticia. Además, estos espacios podrían originar propuestas de acción respecto a la violencia contra las mujeres, favoreciendo la creación de redes de apoyo.

La ineficiencia de los mecanismos legales que atienden las problemáticas mencionadas han impulsado a que las mujeres se apropien de los espacios cibernéticos para visibilizar sus consignas. Esto refleja la apertura que algunas de las estudiantes otorgan a las redes sociales cibernéticas para hablar, discutir y compartir temas en torno a la violencia de género, experiencias propias y de otras mujeres. Estos espacios son territorio para la organización colectiva y discursiva de las mujeres desde el feminismo, quienes hacen uso de sus experiencias como acto político que propone develar la violencia estructural (Esquivel, 2019). Los sitios digitales se han convertido en puntos de reunión, aprendizaje y resistencia para las mujeres. Esta forma de apoyo parte de un ejercicio ético y político a través de la sororidad. Allí se actualiza constantemente su contenido con testimonios sobre diferentes experiencias de violencia de género en los diferentes espacios. Estos testimonios son escritos en palabras de las mismas denunciantes, sin que interfieran otros medios de comunicación. Es así como se ha mantenido implícitamente una red virtual en la cual las chicas comparten sus vivencias, son leídas, compartidas, ayudadas y/o revictimizadas.

Así como la rivalidad y competencia constante entre mujeres ha sido aprendida, también puede desaprenderse. Se plantea entonces la apertura de espacios de reconocimiento sobre las diferentes situaciones de desventaja puestas en las mujeres, que cuestionen, entre otras cosas, las conductas machistas que se ven reflejadas en las relaciones entre mujeres.

Referencias

Amnistía Internacional. (2019). *La violencia de género en México debe ubicarse en el centro de la discusión y de las políticas públicas.* Recuperado de: https://amnistia.org.mx/contenido/la-violencia-de-genero-en-mexico-debe-ubicarse-en-el-centro-de-la-discusion-y-de-las-politicas-publicas/

Ardón, W. (2016). Violencias y sororidad: una mirada psicosocial a la participación de las mujeres jóvenes en el desarrollo local. Revista del Centro Reina Sofía sobre Adolescencia y Juventud, (4) 2-2, Recuperado de https://revistametamorfosis.es/index.php/metamorfosis/article/view/42

Biglia, B. (Ed.). (2015). Otras formas de (re) conocer. Reflexiones, herramientas y aplicaciones desde la investigación feminista. Bilbao, España: Hegoa.

Cubillos, J. (2015). La importancia de la interseccionalidad para la investigación feminista. Oxímora revista internacional de ética y política (7), 119-137. ISSN 2014-7708.

Delgado, L. S. (2018). La utilidad del feminismo. Empoderamiento y visibilización de la violencia urbana en las mujeres jóvenes. Revista Hábitat y Sociedad. (11), 131-148. doi: 10.12795/HabitatySociedad.2018.i11.08

Esquivel, D. (2019). Construcción de la protesta feminista en hashtags: aproximaciones desde el análisis de redes sociales. Revista Comunicación y Medios. (40), 184-198. DOI 10.5354/0719-1529.2019.53836.

Flamtermesky, H. (2012). *Experiencia de Investigación Participativa Feminista con Mujeres Víctimas de la Trata de Personas* (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, España.

Lagarde, M. (2012). El feminismo en mi vida. Hitos claves y topías. Distrito Federal, México: Gobierno del Distrito Federal

Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida libre de Violencia. (2018). Instituto Nacional de las Mujeres.

Mohanty, C. (2003). Feminism without borders. Decolonizing theory, practicing solidarity. Durham & London: Duke University.

Navarro, C., Martínez-García, L., y Vialás, S. (2018). Usos y valoración de Facebook como herramienta para la lucha contra la violencia de género en México. *Revista Teknokultura*, *15* (2). 285-299. doi: 10.5209/TEKN.59546

La popularidad de AMLO según su desempeño

Scarlette Justin Gutiérrez Farías, asesor Héctor Gutiérrez. Universidad Autónoma de Querétaro, FCPS. Tel 4422360978 Correo: scarjgf28@gmail.com

Resumen

En este texto se busca explicar las razones que explican la popularidad de AMLO. Para explicar esto se toma el enfoque racional del comportamiento electoral de los individuos, y también, como responsables de la fluctuación, aspectos económicos y de seguridad como variables que pueden presentar correlación con la aprobación de AMLO.

This text seeks to explain the reasons why AMLO approval fluctuates over the time. This will be explained throw the rational approach of the individual electoral behaviour, coupled with fluctuation responsibility on economic and social security aspects. All these as correlative variations to AMLO approval.

Palabras clave

Enfoque Racional, Psicológico y Sociológico; Aprobación de AMLO; Comportamiento Electoral; Seguridad; Economía.

Keywords

Rational approach, psychological and sociological; AMLO Approval; Elector behaviour; Security; Economy.

Introducción

A lo largo de este trabajo se analizará en qué medida elementos objetivos del desempeño de Andrés Manuel López Obrador (AMLO) se relacionan con su aprobación como presidente a través de distintos estados y del tiempo. Este trabajo comienza con una descripción teórica, en ella se mostrarán las principales teorías sobre el comportamiento político-electoral y la opinión (en este caso contemplaremos el apoyo a figuras políticas) de los ciudadanos, se iniciará con el enfoque sociológico, psicológico y finalmente con el racional. Posteriormente se procederá a hablar concretamente sobre el caso de AMLO y se enfatiza cómo los enfoques psicológico y sociológico que, aunque han tenido un peso importante durante décadas en el caso mexicano, no alcanzan a explicar del todo el fenómeno de AMLO. Debido a lo anterior, se propone revisar si el enfoque racional puede ser de utilidad a la hora de analizar el fenómeno mencionado, el objetivo concreto de esta investigación cae en analizar la relación existente entre el desempeño objetivo del mandatario y su aprobación.

Acerca de la conducta política

En lo general, existen tres principales enfoques que nos ayudan a explicar las diversas conductas ciudadanas en torno a su comportamiento político, estos son los enfoques sociológico, psicológico y racional. En ciertas ocasiones, podemos asociar los enfoques psicológico y sociológico como enfoques complementarios, sin embargo, en este caso observaremos estos enfoques como razones o explicaciones aisladas, pues cada uno de estos enfoques nos ofrecen una visión o explicación diferente del comportamiento de los individuos.

Comencemos con el enfoque sociológico, nos habla básicamente acerca de los comportamientos basados en las conductas de grupo, es decir, las situaciones que pueden definir las diversas conductas recaen en

los entornos sociales, la región, la economía y diversas situaciones que tienden a definir a los grupos sociales, más adelante ahondaremos mucho más en esto. Este enfoque tiene origen dentro de la escuela de Columbia en Estado Unidos.

Como se mencionaba anteriormente el enfoque sociológico nos habla de cómo las personas son influenciadas en su pensamiento político por su comportamiento social, es decir, las diversas características sociales que este individuo tenga van a determinar directamente sus preferencias políticas. Respecto a las características sociales que son determinantes encontramos, por ejemplo, la estructura social con la cual el individuo se siente identificado, pues los partidos políticos por lo general se ven asociados con las estructuras sociales, esta es al mismo tiempo un factor que puede modificar o ayudar a definir las preferencias políticas de los individuos. Respecto a lo anterior observamos la creación de los clivajes.

La existencia de los clivajes se debe a la división de la sociedad en bandos opuestos, la pertenencia un bando u otro dependerán del lugar que tengan los individuos en la estructura social, sin embargo, también pueden existir clivajes de índole religiosos o incluso combinados, el efecto de estos es dividir a la sociedad en bandos opuestos, esta división termina creando cierto resentimiento de un bando hacia el otro. Es importante recalcar que no existe un clivaje que defina una ideología de derecha o de izquierda como tal, pues los clivajes son una especie de división que termina colocando al individuo de un lado u otro de la línea (entendiendo a la línea como el clivaje al que pertenece), pero esto no resulta ser una decisión consciente del individuo sino más bien un hecho independiente a la voluntad del sujeto en cuestión puesto que se trata de cuestiones completamente estructurales y no ideológicas.

Dentro de esta derivación del enfoque acerca de los clivajes (los cuales separaran a los individuos en bandos dependiendo de sus orígenes étnicos, regionales, rasgos físicos, edad, sexo, conocimiento o incluso religión, entre otros), existen ocasiones en las cuales se dará una combinación de los mismos y son conocidas como: Superposición (donde nos hablan de la combinación de dos clivajes, pero con una relación en la cual ambos tiene lugar en el otro, por ejemplo, podemos hablar de una combinación de clivajes de sexo y religión), Yuxtaposición (Aquí observamos la combinación de dos o más clivajes pero sin la necesidad de que exista cierta relación entre ellos, por lo general es la consecuencia de una sociedad que se encuentra con una extrema fragmentación, por ejemplo, podemos verlo cuando una persona decide votar por una alianza por el hecho de que su partido favorito se encuentra en esta, pero no comparte los ideales o valores que caracterizan a los otros partidos que también se encuentran en la alianza), y por último la Contradicción (en este observamos que el individuo puede mostrar cierta cercanía con una u otra ideología política debido al clivaje al cual pertenece, lo cual lo posiciona en una situación de contradicción). El problema es que si se llegase a presentar alguna de las mencionadas anteriormente es poco posible poder llegar a una predicción acertada del porqué de la orientación o preferencia política del individuo.

Dentro de la teoría sociológica también encontramos el enfoque ecológico en el cual se nos plantea la influencia que puede llegar a tener el medio amiente del individuo respecto a sus decisiones políticas, las cuales se relacionan con la geografía electoral que supone que los comportamientos pueden ser modificados debido a su estructura espacial. Nos dice también que existe cierta influencia histórica, la cual influye en las decisiones de los individuos y estas se crean a partir de ciertos momentos

específicos que se dieron en el pasado los cuales generan cierta división en la sociedad la cual sigue con la modernización que está de igual forma ligada a lo económico.

En el caso de México podemos observar que ha sido utilizado el método propuesto por la escuela de Columbia respecto a los enfoques ecológicos y de clivajes, pues según él texto *Homenaje a Rafael Segovia Molinar y Vergara (1998),* la población mexicana a tendido a cambiar sus orientaciones políticas debido, tanto al crecimiento económico de las regiones como también a los clivajes de estructura social con los cuales se ha ido identificando. Sin embargo, siguiendo la premisa de la fragmentación de la sociedad debido a la contradicción de clivajes esta teoría tiende a ser fácilmente dejada de lado por su incapacidad de explicar concretamente la inclinación de los individuos en un ámbito político, aunque las variables sociológicas básicas nunca se pueden ignorar del todo.

Pasando al enfoque psicológico, podemos ver que surge en base a los valores políticos del individuo, pero también existe cierta relación con la estructura social y con las decisiones que llega a tomar el individuo respecto a diversas situaciones, en esta teoría se habla también del cambio de comportamiento de los individuos debido a sucesos históricos, los cuales son llamados desalineamientos. Dentro del ámbito de la posición social podemos ver que existen ciertos efectos indirectos sobre el comportamiento político y a la vez dicha estructura necesariamente debe contener componentes normativos dentro de ella para poder ser considerada como un aspecto a estudiar.

Respecto a los valores políticos se observa que son un factor con suma importancia dentro de esta teoría, puesto que son el principal instrumento utilizado por los individuos, es considerado como un instrumento mental, para poder acceder y procesar la información política que existente, esto debido a que en base a estos valores ellos podrán valorar la información y serán capaces de darles sentido. Esto viene con la parte en la cual una parte muy pequeña de la población se adentra realmente a informarse y leer todos los documentos que son expedidos por el gobiernos o las instancias públicas respecto a situaciones políticas, por ello utilizan sus valores como una especie de atajo, es decir, si el partido con el cual se identifican dice que es correcta cierta reforma el individuo pensará lo mismo, no porque realmente haya leído dicha reforma y esto sea correcto, sino porque su partido predilecto le ofreció el atajo de pensar de esa forma y este decidió creen en el partido debido a sus valores políticos.

La manera en la cual se forman o adquieren los valores políticos es por medio de la socialización, esto quiere decir que instituciones como la familia o también los aspectos de la integración social, identidad nacional, religiosidad o clase social subjetiva (esto quiere decir no la clase social real, más bien habla de aquella a la cual el individuo siente que pertenece), tienen la autoría de la integración de los valores políticos de la población. A pesar de que lo anterior no tiene como tal una dependencia de la política real, sí guarda cierta relación con la misma. Debido al origen tan arraigado que tienen los valores políticos de los individuos es complicado que se puedan modificar, sin embargo, no es imposible, y las razones pueden ser la movilidad (ya sea geográfica o incluso de posición social) o la socialización secundaria (fuera del núcleo familiar, es decir, la escuela, amigos, profesores o incluso medios de comunicación).

Dentro de esta teoría se tiene en cuenta que el comportamiento político puede estar relacionado con situaciones coyunturales o contextuales, por lo cual

también se estudian los desalineamientos. Se le llama desalineamiento a la separación de un individuo de sus valores políticos de origen, esto puede ser causado por el debilitamiento de los vínculos con sus grupos más cercanos (como se mencionaba antes, una mudanza o un cambio de clase social), a una percepción más informada de la política de su entorno (que deje de usar a los partidos como atajos y comience a evaluar la información), reemplazos generacionales, factores coyunturales o contextuales (situaciones drásticas que cambian el comportamiento del individuo en ese momento especifico) o incluso la generación de nuevos valores políticos (esto suele suceder por el tiempo y la adaptación a la modernidad, un ejemplo puede ser el feminismo, comunidad LGBTQ+, o la ecología). Las consecuencias que pueden llegar a tener estos desalineamientos son palpables puesto que implican la modificación de los sistemas políticos existentes, la volatilidad en el comportamiento de los individuos y la más importante es que las explicaciones que nos puede llegar a brindar la teoría de los valores políticos sufren de cierto debilitamiento.

En cuanto a su uso en México podemos observar que al igual que en el enfoque sociológico se toman elementos de la escuela de Columbia, y según el texto *Homenaje a Rafael Segovia*, va ligado a la cultura política de los individuos la cual busca explicar la conducta electoral de los mismos, en esta encuentran que existe relación entre la participación política y el desarrollo económico.

Finalmente hablemos del enfoque racional. Esta teoría nos habla sobre el hecho de que los individuos basan su comportamiento político en lo que les resulte, en cierto modo, más conveniente, es decir, ellos buscarán la forma de maximizar sus beneficios que van ligados con intereses individuales directos y al mismo tiempo disminuir los costos que puedan tener sus decisiones políticas. Dentro de este último enfoque tenemos que existen razones para que los individuos busquen acceder a la información y son: porque el individuo goza de la información la cual en sí misma le proporciona cierto incentivo, porque el individuo percibe las elecciones como muy reñidas y tiene la idea de que su decisión puede ser decisiva en las mismas, porque se trata de un individuo que usa de dicha información para poder influir en la decisión de alguien más, y porque necesita de la información para poder tener cierta influencia en la creación de política de gobierno siendo que pertenece a algún tipo de grupo de presión.

Uno de los autores que habla sobre este enfoque, Anthony Downs, plantea que en esté también los agentes políticos tienden a tener una especie de incentivo racional. Él nos propone que los políticos no siempre buscan el bienestar de la sociedad para la cual trabajan, sino que cuentan con sus propios fines privados en los cuales se intuye que buscan la permanencia dentro de la política o algún incentivo de poder, por lo tanto, podemos decir que su función social es una especie de subproducto de sus motivaciones privadas.

Existen sociedades con buena información o con mala información. Dentro de las que son consideradas con información “buena” podemos observar partidos preocupados por la sociedad a quien sirven, electores que eligen verdaderamente a la mejor de las opciones que se le presentan y gobiernos que conocen las necesidades de sus gobernados y las atienden. Mientras que en las sociedades con información errónea observamos ciudadanos que no saben nada de quien los gobierna y mucho menos de los que hacen o han hecho durante su mandato, gobiernos que no tiene interés en sus gobernados o sus necesidades, información sumamente costosa y por lo tanto agentes persuasores que resultan tener peso en las personas. La ideología es sumamente importante en este

enfoque debido a que proporciona al individuo una suerte de atajo, el cual reduce el costo de la información debido a que los individuos se fijan en la ideología y no en la política.

Tomar decisiones racionales termina siendo sumamente costoso debido a que por lo general los individuos se encuentras en un medio ambiente lleno de incertidumbres, donde los instrumentos (medios por los cuales se busca alcanzar un fin) tienden a ser desconocidos e inciertos y las creencias (conectores de los medios con los fines) tienden a ser cada vez más modificadas por las situaciones que se desarrollan en torno al individuo. Podemos decir que un individuo es racional cuando combina sus creencias y preferencias para poder llegar a una buena elección donde su alternativa electa es mejor que las otras disponibles.

En el caso de México podemos ver que es un enfoque que no ha sido muy utilizado puesto que es eclipsado por los dos anteriores. Sin embargo, (respecto a que los agentes políticos tienden a tener intenciones para maximizar su beneficio personal al momento de estar en el poder) en México también se usan los argumentos de Downs para poder explicarlo, y entonces tenemos que según el texto *Homenaje a Rafael Segovia*, no siempre los electores conocen las propuestas políticas de los candidatos, pero aun así sus elecciones pueden considerarse racionales debido a que para ellos los incentivos que genera la elección por una opción que por otra son mayores.

Planteamiento: AMLO y la aprobación en torno a sus acciones como presidente de México

Hablando del caso de AMLO, este parece desafiar a las dos principales explicaciones, los enfoques sociológico y psicológico, respecto a la conducta política de los ciudadanos mexicanos. Por un lado, el triunfo de AMLO sucedió en un contexto de decadencia de los partidos hegemónicos, se llevó a cabo con un partido prácticamente nuevo, lo cual contradice el supuesto del enfoque psicológico que nos habla acerca de que la creación de los valores políticos (entiéndanse estos como la preferencia por un partido político), mismos que tienen origen desde la infancia del individuo, puesto que ningún mexicano creció con una formación política afín al partido Movimiento de Regeneración Nacional (MORENA) no es posible relacionarlo con este enfoque. Recordemos que en el enfoque psicológico se nos propone que las conductas serán guiadas por el sentido de pertenencia o identificación que se puede vincular con un partido gracias a los valores políticos que son generados desde la socialización primaria (la familia) y en teoría perduran a lo largo de la vida del individuo a menos que exista un desalineamiento de estos valores.

Es importante comprender que Morena es un partido que, además de reciente (puesto que su fundación se remite al 9 de julio del 2014), tiene muy pocos elementos para ser considerado como un partido, a pesar de ser una institución que ha tenido una marcada presencia en los órganos políticos del país, su preferencia o popularidad se la debe por completo a AMLO. Un hecho que puede evidenciar la falta de constitución de esta organización son las problemáticas internas que recientemente se han tenido en MORENA, esto es un foco rojo ya que está muy clara la excesivamente rápida degeneración del partido.

Por otro lado, recientes estudios encontraron relaciones muy escasas entre las principiantes variables socioeconómicas, y el triunfo de AMLO, mismo que no parece muy relacionado con cosas como la riqueza o la educación. Para reafirmar lo anterior tenemos que Morales y Fernández afirman:

> "la confianza es un indicador que se relaciona con el voto, en forma positiva hacía el pri y en forma negativa hacia la alianza presidencial de morena; es decir en la medida en que disminuye la confianza en las instituciones, los electores se inclinan a favor de morena". Lo que parece explicar la orientación del voto más que los factores institucionales de la elección misma, las estructuras sociales o culturales, e incluso la influencia de las campañas políticas, es la desconfianza en el sistema de justicia, la pérdida de esperanza en los partidos y el desprestigio del gobierno en turno. (pp. 17)

En vista de lo mencionado anteriormente acerca de la incapacidad de los enfoques sociológico y psicológico al tratar de explicar el comportamiento de los simpatizantes de AMLO, y dado que nos encontramos en una coyuntura histórica sobre el mismo comportamiento, se propone comenzar a analizarlo desde el enfoque racional, esto con la finalidad de buscar una alternativa que nos pueda ayudar a explicar el apoyo de los ciudadanos hacia el presidente. Se decide que este enfoque puede ser una opción de explicación por dos motivos; El primero es que los dos mencionados anteriormente han sido explorados y no han logrado llegar a una concreta explicación de por qué los individuos decidieron actuar de esta forma, y segundo, este enfoque ha sido utilizado muy poco en el medio ambiente mexicano, por lo cual tomarlo como una opción puede llevarnos a encontrar el razonamiento correcto entorno al comportamiento de los simpatizantes de AMLO.

Metodología

Las razones por las cuales los electores votaron anteriormente por AMLO son distintas a como estos mismos electores evalúan el desempeño del presidente y puede ser que también su aprobación, entonces, se propone ver si existe relación entre el desempeño objetivo del presidente y su aprobación, acerca del primer punto, se trabajará primordialmente con datos de violencia y economía, puesto que son aspectos que como lo proponen Buvinic, Morrison y Orlando en su texto "*Violencia, crimen y desarrollo social en América Latina y el Caribe",* los individuos tienden a tener cierta respuesta social hacía estos aspectos debido a que tienden a resentirlos más en su vida diaria, con esto nos referimos a las diversas evaluaciones que son realizadas al gobierno federal, e incluso a los mismos informes de gobierno brindados por instituciones gubernamentales. Por otro lado, la variable dependiente sería en todo caso la aprobación del presidente, la cual será obtenida de diversas casas encuestadoras que, entre las que más se usarán en este documento encontramos a Oraculus (en el caso de esta casa encuestadora se observará que toma datos de diversos medios, como periódicos y en general instancias privadas para brindar sus datos respecto a la aprobación) y Mitofsky (en este caso son de suma utilidad puesto que en esta casa encuestadora se realizan evaluaciones de la aprobación del mandatario y su gobierno tanto mensuales a nivel estatal, como también diarias a nivel nacional).

Finalmente, la relación propuesta será revisada de dos fuentes: primero, se hará el seguimiento respecto a la aprobación del presidente en el tiempo para tratar de observar si existen fluctuaciones en el tiempo que se relacionen con los diferentes indicadores económicos (ya sea la generación de empleo, cifras de pobreza y demás indicadores en torno a lo económico), y segundo, se tomará la última aprobación del presidente (esto para que se pueda pensar en que las situaciones que puedan presentarse son responsabilidad de AMLO) por estado las cuales se relacionarán con los mismos indicadores de violencia (ya sean secuestros, feminicidios, robos y demás situaciones en torno al

ámbito de la seguridad ciudadana) y economía de los estados. Todo lo anterior se realiza con la idea general de conocer si en los lugares donde nuestras variables de economía y seguridad presentan una mejora, también existe una mejora o una mayor aprobación del presidente, o si por el contrario donde estas variables presentan cierta tendencia hacía a la crisis la aprobación de AMLO presenta un declive.

Primeramente, se utilizará una base de datos en la cual se tengan los datos de la aprobación de AMLO y también los datos de economía y seguridad de diversos estados, al igual que las cifras nacionales de estas variables, posteriormente se usarán tablas y gráficas donde se pueda observar el comportamiento de estas variables en relación con las variables de aprobación del presidente. Aquí será donde podamos comprobar o rechazar la hipótesis primaria acerca de los incentivos que pueden tener los ciudadanos en cuanto a su comportamiento que culmina en la aprobación de AMLO, esto buscando si realmente estos cuentan con ciertos incentivos racionales (es decir, que basados en la teoría de maximizar sus beneficios o llegar a una conclusión acerca de cuál es la mejor decisión respecto a su apoyo a un ente político, obtienen cierta información que les permite asegurarse de que su comportamiento electoral y su apoyo es el que los lleva a obtener mayor beneficio que las otras opciones disponibles) que los lleva a sentir que AMLO resulta ser la mejor opción y por tanto deciden seguir dando su apoyo y aprobación al mandatario mexicano.

Resultados

Tras revisar la relación en el tiempo que existía entre la popularidad de AMLO, está medida por los indicadores de popularidad de Mitofsky, y los indicadores tanto económicos (se tomaron desempleo, crecimiento del PIB y deuda de México) como de seguridad (se tomaron homicidios, feminicidios, robos y secuestros), se obtuvieron las siguientes correlaciones de Pearsons:

Indicador	Relación con popularidad de AMLO
Crecimiento del PIB	0.859012522
Deuda	-0.875087844
Desempleo	-0.423140249
Feminicidios	-0.11891602
Secuestros	0.84947306

Como se puede observar, las variables económicas tienen más relación que las variables de seguridad.

Como se mencionaba en la metodología, también se trabajó con indicadores a nivel estado los cuales fueron: homicidio, feminicidio, secuestro y robos, las cuales mostraron la siguiente correlación con la popularidad de AMLO:

Indicador	Relación con popularidad de AMLO
Homicidio	-0.071928426
Feminicidio	-0.014459796
Robos	-0.33121346
Secuestros	-0.008936568

Conclusiones

Como se observó, las relaciones más fuertes entre los distintos indicadores del desempeño del gobierno y la popularidad del presidente cambian en función del tema que se aborde, por ejemplo: tras la realización de las mediciones se encontró que hubo poca relación cuando se trataban asuntos de seguridad y que fue mayor al abordar el aspecto económico, de estos últimos destacan la deuda del país y el PIB, mientras que las relaciones más bajas se dieron en feminicidios y secuestros.

Basados en los cálculos obtenidos y en lo anteriormente mencionado respecto al enfoque racional, podemos decir que los resultados nos sugieren que el modelo racional resulta no funcionar en su forma más estricta, y esto se debe a que cuando se compara con seguridad (uno de los aspectos que deberían ser de interés de las personas, con respecto

a un simpatizante informado) la relación esperada no se da, y en cuanto a los indicadores de aspecto económico (otro de los aspectos que suelen ser de interés) podemos ver que los resultados son diversos, pues mientras que unos se da un resultado esperado en otro no es de igual forma. Tal vez, el comportamiento distinto de los resultados esperados y los resultados obtenidos pueda deberse a la manera en que están siendo tratados estos temas en el ámbito público, es decir, si se habla más de algún tema que de otro, la misma sociedad se va dedicar a buscar más información sobre lo que se está hablando, y a pesar de su existencia o empeoramiento como los ciudadanos dejan de lado ese tema, al momento de evaluar al presidente son temas que son poco importantes o que de plano no les importan, o simplemente ignoran su existencia.

Finalmente, podemos concluir que el comportamiento que presentan los mexicanos respecto a su aprobación de AMLO es racional, sin embargo, es importante mencionar que, si se habla de un enfoque racional estricto no termina de ser completamente correcto, pues este comportamiento presenta ciertos elementos que se encuentran alejados del enfoque racional. Principalmente lo que nos impide clasificarlo como un pensamiento racional puro y por tanto con una explicación desde el enfoque racional son: por un lado, el evidente desinterés o desinformación en los temas de seguridad (feminicidios, homicidios, robos, etc., que son aspectos que han empeorado en el mandato de AMLO), y por otro lado también el sesgo que existe en la toma de ciertos indicadores económicos y no en otros, aun cuando también pertenecen al ámbito económico.

Bibliografía

Buvinic, M., Morrison, A., y Orlando M. (2005).

Violencia, crimen y desarrollo social en América Latina y el Caribe. México, Toluca: Banco Internacional de Desarrollo.

Morales, M., Fernández, L., Gutiérrez. H., y otros

(2020) *Electores y partidos viejos. Las elecciones mexicanas del 2018.* Ciudad de México: Tirant Lo Blanch.

Molinar, J., y Vergara R. (1998). *"Los Estudios*

Sobre el Elector Mexicano. Cuatro Enfoques de Análisis Electoral en México". En Homenaje a Rafael Segovia. (pp. 211-252). Distrito Federal, México: El Colegio de México. DOI 10.2307/j.ctv3f8pnn.13

Anduiza, E. y Bosch, A. (2004). *Comportamiento*

político y *electoral*. Barcelona, España: Ariel Ciencia Política.

Secretaria de seguridad y protección ciudadana.

(2020) *Incidencia delictiva del fuero común 2019* (CNSP/38/15). Recuperado de https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/incidencia-delictiva-del-fuero-comun-nueva-metodologia?state=published

Secretaria de seguridad y protección ciudadana.

(2020) *Incidencia delictiva del fuero común 2020* (CNSP/38/15). Recuperado de https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/incidencia-delictiva-del-fuero-comun-nueva-metodologia?state=published

Márquez, J. (2020, 23 de noviembre). Aprobación

Presidencial. *ORACULUS.* Recuperado de https://oraculus.mx/aprobacion-presidencial/

MITOFSKY. (2020) *Aprobación Promedio Mensual* (octubre 2020). Recuperado de MITOFSKY_EvAMLO-Oct20.pdf

Datos Macro. (2020). *PIB de México* (segundo trimestre 2020). Recuperado de https://datosmacro.expansion.com/pib/mexico

Paschard, J. (2004). "Comportamiento Electoral": En B. Olamendi. *Léxico de la Política.* (p.p 68-75). México: FLASCO, FCE, SEP, CONACYT.

Downs, A. (2013). *Teoría económica de la democracia.* *http://dx.doi.org/10.22201/iij.24487910e.2013.3.10026*

Política laboral para jóvenes y economías locales: Primeros resultados de Jóvenes Construyendo el Futuro.

Paulina Hernández Mendoza

Dr. Enrique Leonardo Kato Vidal

Maestro e investigador de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Querétaro

Contacto: enriquekato@uaq.mx

Resumen

Las políticas laborales a través de los años han tenido un impacto importante dentro del desarrollo laboral de México a partir de la crisis de la década de los ochenta.

En la actual presidencia (2018 – 2024) se ha recurrido a la implementación de una política laboral, la cual consiste en un programa conocido como Jóvenes Construyendo el Futuro (JCF). En el presente trabajo se busca encontrar cual es el impacto de la actividad económica respecto a la participación de los jóvenes dentro del programa JCF.

El análisis se realizó en el periodo 2005, 2015, 2019 Y 2020, se incluyó una muestra de 11 entidades federativas elegidas al azar. Entre los resultados encontrados se observó que el grupo con la actividad económica pequeña tiene una mayor participación en el programa JCF tanto de parte de las empresas con un 52.5% en promedio como de parte de los jóvenes. Los resultados obtenidos son útiles para predecir la situación del programa en los años siguientes.

Palabras Clave

Políticas Laborales, actividad económica, jóvenes.

Abstract

Labour policies over the years have had a major impact on Mexico's labor development since the crisis of the 1980s.

In the current presidency (2018 –2024), a labour policy has been implemented, consisting of a programme known as Jóvenes Construyendo el Futuro (JCF). The aim of this paper is to find out the impact of the economic activity on the participation of young people in the JCF programme.

The analysis was carried out in 2005, 2015, 2019, 2020 a sample of 11 randomly chosen federative entities was included. Among the findings, it was noted that the group with small economic activity has a greater participation in the JCF program from both companies with an average of 52.5% and from young people. The results obtained are useful for predicting the status of the programme in the following years.

Key Words

Labour Policies, economic activity, youth.

Introducción

Desde hace varias décadas muchas Presidencias han hecho énfasis en la implementación de políticas de mercado laboral para hacer frente al desempleo que se ha experimentado a través de los años. Así mismo han buscado mostrar apoyo a los jóvenes, quienes representan el sector más vulnerable en tiempos de crisis, esto se debe a que durante este periodo los jóvenes son los que tiene más afectaciones, como lo es una mayor pérdida de empleo.

Es importante mencionar que no solo en México se han implementado políticas laborales, también en Alemania tras la reunificación alemana, ya que de tener el 0% de desempleo en 1990 pasó a tener el 10% de desempleo en 1991. El tipo de política que se implementó fue un Programa de Creación de Empleo (PCE), el cual tenía como objetivos primordiales el otorgamiento de experiencia en el mercado laboral a las personas y cambiar la distribución de la oferta salarial para los participantes (Bergemann, Pohlan y Unlendorff, 2017). Lo que se concluye es que el PCE en una economía turbulenta no tiene efectos negativos en la probabilidad de encontrar un empleo regular en los primeros 12 meses de participación, también se mostró que las mujeres y las personas cualificadas abandonan el desempleo más rápido que otros grupos. Por otra parte, no hay pruebas convincentes que muestren que las tasas de retención de puestos de trabajo estén influenciadas por los PCE y

tampoco se mostró que los desempleados de larga duración también se benefician de la participación en los PCE (Bergemann, et al (2017).

La actual Presidencia de México (2018 – 2024) estableció como un objetivo de politica laboral la promoción de la participación en la actividad económica de los jóvenes de entre 18 a 29 años de edad. Su política laboral consistió en la creación de un programa llamado Jóvenes Construyendo el Futuro (JFC) el cual buscó que las empresas les brinden oportunidad a los jóvenes para incorporarse al mercado laboral.

El objetivo del trabajo es encontrar la participación de los jóvenes dentro de JCF y observar si la participación depende del tamaño de la actividad económica en las 11 entidades. Es posible pensar que existan otras razones por las cuales puede o no haber participación en el programa, como que exista una necesidad económica generalizada dentro de una entidad, la oferta de empleo sea limitada o incluso se necesite de un alto grado de estudio para entrar el mercado laboral lo que resulta una limitante para las personas poco cualificadas. El participar en el programa resulta importante pues logra posicionar a los jóvenes dentro del mercado laboral, además de que se piensa que los jóvenes podrán desarrollar habilidades que les permitan obtener empleos en un futuro.

De acuerdo con (Morkute, Koster, y van Dijk, 2017) otra razón por la cual podría haber mayor participación de personal en algún sector de la actividad económica sería por la reasignación del empleo, específicamente en las industrias con crecimiento o declive del empleo. En el trabajo que realizaron se concluyó que el descenso en algunas industrias se contrarresta con el crecimiento en otras, esto muestra que las industrias pueden mostrarse como competidores, ya que el crecimiento de unos se ve facilitado por la extracción de los recursos de otros. En segundo lugar, se muestra que las industrias relacionadas son las más capaces de reciclar, re-agrupar y transformar los recursos de las industrias en declive.

La razón que se plantea anteriormente no sería otra razón por la cual los jóvenes participaran o no en el programa, esto debido a que los jóvenes que participan en el programa deben ser personas que en la actualidad no estudien y no trabajen, por lo tanto, el hecho de que una industria se encuentre en crecimiento o declive no tendría repercusión alguna.

La participación de los jóvenes en el programa también puede ser debido a que existe una creación de negocios y esto brinde a los jóvenes mayor oportunidad de participar en el mercado laboral, en un artículo realizado por (Koster, y Delfmann, 2016) en donde se muestran los efectos de la creación de nuevos negocios en economías con un declive en la población se muestra que un primer descubrimiento es que los nuevos negocios tienen un impacto positivo y significativo en el cambio de empleo en municipios que enfrentan un declive en la población. Un segundo descubrimiento es que el efecto del empleo indirecto de los nuevos negocios es limitado en regiones que enfrentan un declive en su población. Esto sugiere que las empresas existentes se resisten a los retos planteados por los nuevos negocios, posiblemente porque los nuevos negocios no están mostrando mayor desarrollo innovador. El documento (Koster y Delfmann, 2016) también reitera la importancia del contexto regional en el desarrollo económico. Es importante señalar que el efecto global de la actividad empresarial en el empleo ha sido positivo. Este es un hallazgo importante en el sentido de que sugiere a los gobiernos locales que sigan fomentando la creación de nuevas empresas, también en contextos económicos más adversos. Es evidente que la economía mexicana no se encuentra en la misma situación que la economía estudiada por los autores antes mencionados, sin embargo, algunos puntos pueden ser tomados en cuenta para el caso de México, como el hecho de que el gobierno fomente la creación de nuevos negocios. Otro punto a considerar es que en el texto se plantea el hecho de que las empresas ya existentes no tienen efectos negativos una vez que nuevas empresas se crean, esto debido a que posiblemente no hay innovación por parte de las empresas, este punto podría justificar el hecho de que las nuevas empresas en México realmente no generen nuevos empleos y se sigan manteniendo los empleos ya existentes.

En el presente trabajo se analizará el hecho de que los jóvenes entren al programa de acuerdo con la actividad económica de cada estado.

Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es encontrar qué mpacto tiene el tamaño de la actividad económica en la participación de los jóvenes en el programa JCF 2019 y 2020 en las 11 diferentes entidades federativas, tomando en cuenta que cada entidad tiene un tamaño y crecimiento diferente de la actividad económica. Se usaron los porcentajes de jóvenes y empresas registradas en el programa para facilitar el estudio.

Metodología

Para estudiar Jóvenes Construyendo el Futuro se usaron dos variables diferentes que se explican a continuación para las diferentes entidades federativas, dado que cada entidad federativa tiene diferentes dimensiones, es decir, diferentes tamaños de la actividad económica y de la población, se eligió como variable de estudio el porcentaje del programa JCF.

Un primer indicador fue el porcentaje de empresas respecto al número total de patrones registrados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

$$E_{i,t} = \left(\frac{EJCF}{EImss}\right) * 100$$

donde *E* es un indicador de las empresas, *EJCF* son las empresas registradas en el programa *JCF*, *EImss* son las empresas registradas en el Imss, i se refiere a cada una de las 11 entidades federativas utilizadas en la muestra y t corresponde a cifras de los periodos observados: 2019 y 2020.

Un segundo indicador fue el porcentaje de jóvenes inscritos respecto al número de jóvenes trabajadores entre 15 y 29 años

$$I_{i,t} = \left(\frac{IJCF}{PEA\ jóven}\right) * 100$$

donde *I* es un indicador de jóvenes, *IJCF* jóvenes inscritos al programa JCF, *PEA joven* es la población económicamente activa de entre 15 a 29 años *i* refiere cada una de las 11 entidades federativas utilizadas en la muestra y *t* corresponde a cifras del 2019 y 2020.

Las fuentes de información fueron tres: (1) JCF (STPS) en esta fuente se muestran todos los datos respecto a los jóvenes que han participado en el programa y empresas registradas al programa, ambos datos se presentan de forma nacional y por entidad federativa; (2) Instituto Mexicano del Seguro Social (Imss) en esta fuente se presentan datos respecto a los tipos de patrones a través del tiempo, desde patrones con 1 asegurado hasta patrones con más de 1000 asegurados, estos datos se muestran nacionales y por entidad federativa; y (3) Inegi-Enoe en esta fuente se encuentran datos de la población económicamente activa por rango de edad.

Se tomó una muestra de 11 entidades federativas (ver cuadro 1). Las 11 entidades se eligieron usando una muestra aleatoria simple sin reemplazo.

A continuación se muestra la estadística descriptiva. En el Panel *a* del cuadro #1 se observan las 11 entidades que fueron seleccionadas al azar, en el cuadro se reportan los resultados de los indcadores antes mencionados por entidad. Los estados con más participación de los jóvenes en el programa en 2019 y 2020 son Guerrero con un 18% y 15%, Morelos con un 17% y 15%, así como Tlaxcala con un 15% y 14% respectivamente. Por parte de las empresas, los estados con mayor participación son nuevamente Tlaxcala con un 149% y 153%, así como Guerrero con un 115% y 120% Como se puede observar la participación de los jóvenes mantiene una relación con la participación de las empresas, pues mientras más empresas participan más jóvenes también participan y mientras menos empresas participan menos jóvenes participan.

Los resultados obtenidos guardan una tendencia de participación similar a los primeros resultados arrojados (2019.T1), sin embargo, es posible observar algunas situaciones interesantes. En entidades como Guerrero y Tlaxcala el número de participación por parte de las empresas supera el 100%, lo que quiere decir que existen más empresas participantes en el programa JCF que empresas registradas en el IMSS. Otra situación interesante es que el número de aprendices registrados en el programa hasta el 2T de 2020, respecto a los datos de 2019, muestran una disminución en todas las entidades analizadas, mientras que, realizando la misma comparación con la PEA, esta aumenta en casi todas las entidades, por lo que es posible ver una disminución en la tasa de participación de los aprendices. Sin embargo, este efecto no es posible observarlo en la tasa de participación de las empresas, ya que esta únicamente disminuye en

entidades como Chihuahua, Nuevo León y Querétaro.

En el panel *b* se puede observar el total nacional de los conceptos marcados en el panel *a*, también promedios de las muestras. Lo anterior es útil pues facilita la comprensión, debido a que se puede comparar la situación de cada entidad respecto al total nacional, así como la situación en las otras entidades federaativas, de esta forma se puede hacer un analisis de que tan representativas son las cifras mostradas por cada entidad.

Las variables que se quieren explicar son el número de empresas $(E_{i,t})$ y de jóvenes $(I_{i,t})$ registrados a JCF. Por su parte, la literatura sugiere que las variables explicativas son aquellas que las condiciones del mercado laboral en cada entidad federativa.

Cuadro 1 México. Trabajadores y becarios jóvenes según entidad federativas seleccionadas (2019 y 2020)

Panel a. % jóvenes inscritos vs. PEA y % empresas inscritas vs. Total de patrones registrados IMSS

Entidad	Periodo	Jóvenes inscritos a JCF (a)	PEA jóvenes (b)	Indicador-1 (c) = (a)/(b) * 100	Empresas inscritas a JCF (d)	Patrones regsitrados en el IMSS (e)	Indicador-2 (f) = (d)/(e) * 100
Aguascalientes	2019.T1	3,256	179,052	1.82	1,219	15,767	7.73
	2019	6,137	182,303	3.37	2,528	15,992	15.88
	2020	5,947	187,690	3.17	3,743	16,107	23.24
Colima	2019.T1	5,587	110,194	5.07	1,916	10,210	18.77
	2019	12,207	110,504	11.05	3,974	11,326	35,09
	2020	12,113	112,990	10.72	3,731	10,587	35.24
Chihuahua	2019.T1	7,200	497,040	1.45	2,451	39,214	6.25
	2019	7,217	525,467	1.37	5,084	39,440	12.89
	2020	6,774	529,512	1.28	5,104	39,802	12.82
Guanajuato	2019.T1	8,291	803,091	1.03	1,918	48,225	3.98
	2019	14,388	838,262	1.72	3,978	48,583	8.19
	2020	12,892	806,849	1.60	5,519	48,365	11.41
Guerrero	2019.T1	51,217	416,875	12.29	7,684	13,711	56.04
	2019	79,385	433,855	18.30	15,937	13,857	115.01
	2020	72,009	450,810	15.97	16,610	13,826	120.14
Morelos	2019.T1	26,654	224,818	11.86	3,424	12,106	28.28
	2019	39,231	226,942	17.29	7,102	12,173	58.34
	2020	33,276	229,725	14.49	6,661	12,182	54.68
Nuevo León	2019.T1	3,107	675,046	0.46	1,384	67,507	2.05
	2019	5,485	697,037	0.79	2,871	68,102	4.22
	2020	4,934	709,170	0.70	2,225	68,982	3.23
Puebla	2019.T1	21,417	824,142	2.60	3,538	32,234	10.98
	2019	33,267	864,905	3.85	7,338	32,704	22.44
	2020	31,840	841,703	3.78	10,593	33,182	31.92
Querétaro	2019.T1	6,227	233,564	2.67	2,694	24,645	10.93
	2019	11,319	239,954	4.72	5,588	25,009	22.34
	2020	11,056	262,967	4.20	5,406	25,788	20.96
Quintana Roo	2019.T1	8,517	256,342	3.32	2,000	15,684	12.75
	2019	15,474	254,530	6.08	4,148	16,607	24.98
	2020	14,226	250,841	5.67	4,475	16,981	26.35

Tlaxcala	2019.T1	17,063	166,127	10.27	3,659	5,006	73.09
	2019	27,665	174,101	15.88	7,589	5,090	149.10
	2020	25,690	174,329	14.74	10,825	7,060	153.33

Nota: en el apartado de "periodo", 2019.T1 se refiere unicamente al primer trimestre del mismo año, 2019 se refiere a los cuatro trimestres del año, mientras que 2020 unicamente toma en cuenta los dos primeros trimestres del presente año.

Fuente: Elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, e Instituto Mexicano del Seguro Social, México.

Panel b. Estadística Descriptiva

	Periodo	Jóvenes inscritos a JCF (a)	PEA jóvenes (b)	Indicador – 1 (c) = (a)/(b)* 100	Empresas inscritas a JCF (d)	Patrones registrados en el IMSS (e)	Indicador-2 (f) = (d)/(e)*100
Total nacional	2019. T1	806,143	15,244,350	5.28	153,007	980,528.3	15.60
	2019	1,120,543	15,637,604	7.16	317,349	990,200	32.04
	2020	1,038,231	15,521,023	6.68	317,349	1,000,976	31.70
Suma de las 11 entidades	2019. T1	158,536	4,386,291	3.61	28,228	290,410	9.72
	2019	251,765	4,547,864	5.53	66,137	288,813	22.89
	2020	230,757	4,556,586	5.06	74,892	292,862	25.57
Suma de las 11 entidades entre cifra nacional	2019. T1	0.19	0.28	67.85	0.18	0.29	62.06
	2019	0.22	0.29	75.86	0.20	0.29	68.96
	2020	0.22	0.29	75.86	0.23	0.29	79.31
Promedio de las 32 entidades	2019. T1	25,192	476,386	5.28	4,781	30,648	15.59
	2019	35,016	488,675	7.16	9,917	30,994	31.99
	2020	32,444	485,031	6.68	9,917	31,281	31.70
Promedio de la muestra	2019. T1	11,412	398,754	2.86	2,566	26,401	9.71
	2019	22,887	413,442	5.53	6,012	26,256	22.89
	2020	20,978	414,235	5.06	6,808	26,624	25.57
Desviación estándar de la muestra	2019. T1	13,757	251,223	5.47	1,712	17,997	9.51
	2019	21,894	277,542	7.88	3,724	19,207	19.38
	2020	19,668	268,651	7.32	4,223	19,235	21.95

Nota: en el apartado de "periodo", 2019.T1 se refiere unicamente al primer trimestre del mismo año, 2019 se refiere a los cuatro trimestres del año, mientras que 2020 unicamente toma en cuenta los dos primeros trimestres del presente año.

Fuente: Elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, e Instituto Mexicano del Seguro Social, México.

Para clasificar a las entidades federativas según las condiciones del mercado laboral, se analizó la evolución del número de trabajadores asegurados al Imss y se calculó la tasa de crecimiento promedio anual (tcma) de 2005 – 2018.

Cuadro 2 Cambio puntos porcentuales en empresas (2005 - 2018)

Entidad	Micro 1- 5	Pequeña. 6 - 50	Mediana 51 - 250	Grande 251 y +1000
Aguascalientes	-6	4.3	1.1	0
Colima	-4	3.2	0.9	0
Chihuahua	-14	12	1.9	0.49
Guanajuato	-6	3.7	1.4	0.5
Guerrero	-2	1.6	0.1	0
Morelos	-2	1.5	0.7	0
Nuevo Leon	-7	4.2	1.7	0.7
Puebla	-5	3.8	0.9	0
Querétaro	-7	4.8	2	0.46
Quintana Roo	-5	2.8	1.7	0.9
Tlaxcala	-3	3.3	0.1	0

Fuente: elaboración propia con datos de Imss

Se calculó el cambio en la composición según tamaño de empresa-patrón. La información es consistente usando ambos criterios: TCMA de asegurados o cambio en puntos porcentuales de empresas cotizantes al Imss.

Se hallaron cuatro grupos que son consistentes

Grupo 1 pequeñas empresas:
Guerrero, Morelos, Tlaxcala.

Grupo 2 pequeñas y medianas empresas:
Aguascalientes, Colima, Puebla.

Grupo 3 medianas empresas:
Chihuahua, Querétaro.

Grupo 4 grandes empresas:
Guanajuato, Nuevo León, Quintana Roo.

Cuadro 3. TCMA en los diferentes grupos de las empresas y cambio en puntos porcentuales

Grupo (variable explicativa)	Trabajadores asegurados (TCMA% 2005-2018)	Cambios en Puntos Porcentuales
1	1.8	1.8%
2	3.2	1.8%
3	3.4	1.9%
4	5.3	0.80%

Fuente: Elaboración propia con datos del Inegi

En base a la última columna del cuadro 3 se construyó la variable explicativa (G). Para cada uno de los grupos se creó una variable indicadora, es decir, se anexaron cuatro columnas a la base de datos. Si la entidad pertenece al grupo respectivo, la celda toma el valor de 1 y cero en caso contrario.

Para probar la capacidad explicativa de los grupos respecto a la tasa de registro de JCF se corrió un análisis de regresión donde la variable explicativa describe las condiciones del mercado laboral local y la variable de interés es el porcentaje de registro en JCF.

Resultados

El análisis consistió en establecer la magnitud del vínculo entre el porcentaje de registro JCF y la variable categórica de grupo (ver cuadro 3). Se corrieron dos regresiones; una para la variable de empresas (ecuación 1) y otra para la variable de jóvenes (ecuación 2) en JCF.

En la primera ecuación que busca asociar las condiciones del mercado local con el porcentaje de empresas registradas, se espera que haya un mayor porcentaje de empresas participantes en JCF en los estados en que las pequeñas empresas hayan cobrado mayor importancia.

La estimación se reporta en la ecuación 1, se halló el signo positivo esperado. A diferencia de los análisis preliminares, sólo se encontraron dos grupos diferentes. Esto es, en el país hay dos tipos de entidades según su tasa de registro de empresas en JCF (Ver gráfica 1). Un primer grupo con alta tasa (52.5%) de empresas participantes en JCF, conformado por Morelos, Tlaxcala y Guerrero. El segundo grupo son el resto de ocho entidades de la muestra, el promedio de este segundo grupo es 9.2%.

Los coeficientes de la ecuación son

$$(1) \quad E_{i,t} = \quad 9.2 \quad + 43.3 \times G_i \quad + \in_{i,t}$$

(t) (2.23) (5.49)

Se muestra el estadístico *t* entre paréntesis.

donde *E* es el porcentaje de empresas registradas en JCF respecto al total de empresas que cotizan al IMSS, *G* es una variable dicotómica que toma el valor de 1 si la entidad i está en el grupo alto (Morelos, Guerrero y Tlaxcala) y 0 en cualquier otro caso y ∈ es un error aleatorio.

Los estadísticos de la ecuación 1 son

$$F(1,9) = 30.1, \text{prob}(0.0004), \bar{R}^2 = 0.744$$

A semejanza de la ecuación 1 se construyó la ecuación 2

$$I_{i,t} = \underset{(t)}{2.34} + \underset{(4.85)}{2.48} \times G_i + \underset{(2.68)}{u_{i,t}} \quad (2)$$

$$F(1,9) = 7.17, \text{prob}(0.0253), \bar{R}^2 = 0.382$$

Importante señalar que hay una relación entre G=1 y %L en Imss

Total de la muestra 56.2%

Grupo 1 = 30.4%

Resto = 65.9%

Para predecir el indicador de porcentaje de jóvenes registrados se halló que el porcentaje de trabajadores asegurados es una buena variable predictora. La ecuación resultante fue

$$I_{i,t} = \underset{(t)}{6.9} - \underset{(-4.15)}{0.07} \times L_i + \underset{(6.98)}{\varepsilon_{i,t}} \quad (3)$$

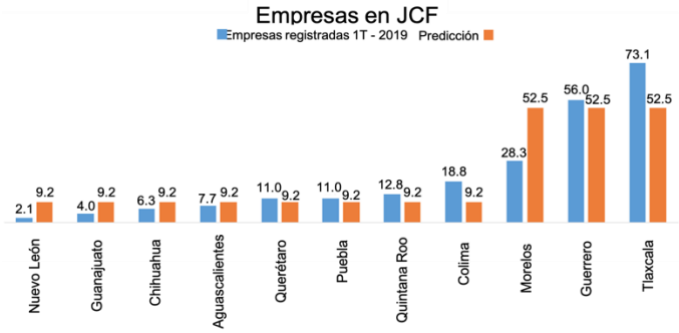
Se muestra el estadístico *t* entre paréntesis. Los estadísticos de la ecuación 2 son

$$F(1,9) = 17.24, \text{prob}(0.0025), \bar{R}^2 = 0.619$$

donde *I* es el porcentaje de jóvenes registrados respecto jóvenes PEA, *L* es el porcentaje de trabajadores asegurados respecto al total de trabajadores (asegurados y no asegurados) y ε es un error aleatorio

La predicción en buena medida muestra una ligera similitud en ciertos estados (Ver gráfica 2) como Querétaro, Aguascalientes, Guanajuato y Morelos. Así mismo se muestra que los estados que tienen mayor participación de registros por parte de las empresas también muestran un alto número de registros por parte de los jóvenes.

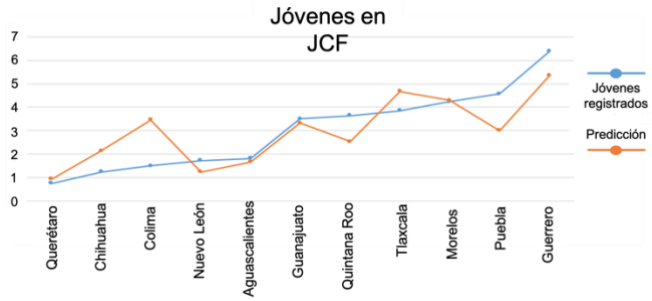
Gráfica 1 Empresas registradas a JCF vs. Predicción



Fuente: Elaboración propia en base a la ecuación 1 y a los cuadros 1 y 3.

En la gráfica se puede observar que 8 entidades cuentan con una participación en el programa por parte de las empresas baja, mientras 3 entidades cuentan con un número de participación elevado. También se puede observar en las columnas de predicción los dos grupos que se crean, uno de 9.2% y el otro de 52.5%.

Gráfica 2 Jóvenes registrados a JCF vs. Predicción.



Fuente: Elaboración propia en base a la ecuación 2 y al cuadro 1.

En esta gráfica se puede observar el número de jóvenes registrados al programa y la predicción que se puede hacer respecto a los datos. La entidad con mayor participación es Guerrero y la entidad con menor participación es Querétaro.

Discusión y Conclusiones

El objetivo del trabajo fue encontrar si existía una relación directa entre la actividad económica en las

diferentes entidades seleccionadas y la participación tanto de empresas como de jóvenes dentro del programa JCF. A través de una muestra aleatoria simple se obtuvieron 11 entidades, las cuales se agruparon para facilitar el estudio, la agrupación se realizo de acuerdo al tipo de empresas que habían tenido mayor relevancia de 2005 a 2018, al final quedaron únicamente dos grupos que reflejaron los resultados obtenidos. Se realizaron regresiones para ambos grupos, empresas y jóvenes, con el fin de poder ver las predicciones en ambos casos.

Los datos de 2019 indican que en gran medida el nivel de actividad económica influye en que la participación, tanto de las empresas como de los aprendices, sea mayor en estados donde la actividad económica es representada por empresas pequeñas, como es el caso de Guerrero, Morelos Y Tlaxcala.

Detectamos 2 casos atípicos. En el caso de Querétaro, donde su actividad económica en gran medida es representada por empresas medianas, la participación de los jóvenes es menor que incluso entidades en donde las empresas grandes tienen mayor impacto. Por otra parte, en el caso de Guanajuato, donde las empresas grandes tienen mayor relevancia que en el resto de estados, es posible observar una participación mayor por parte de los jóvenes, que en estados donde las empresas pequeñas y medianas cobran más relevancia.

Observando la evolución de JCF desde su inicio en diciembre de 2018 a junio de 2020, se encontró que la participación de los jóvenes y de las empresas dentro del programa, siguen manteniendo una tendencia similar a la que se presentaba en los primeros cálculos realizados (primer trimestre de 2019), por lo que se puede deducir una vez más, que en los estados donde la participación de las empresas pequeñas es predominante, la participación tanto de los jóvenes y las empresas también es mayor que en el resto de estados seleccionados dentro de la investigación.

Finalmente es importante mencionar que el programa JCF está perdiendo participación de registros por parte de los jóvenes, mientras avanzan los meses, sin embargo, esto no sucede con las empresas, ya que su participación es mayor mientras los meses transcurren.

Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a la Universidad Autónoma de Querétaro por la darnos la oportunidad de participar en el XIII Verano de Introducción de la Ciencia UAQ y al Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro por colaborar en este evento. El presente trabajo recibió el apoyo financiero e institucional del Fondo para el Fortalecimiento de la investigación FOFI-UAQ-2018.

Bibliografía

- Bergemann, A., Wohlan, L. y Uhlendorff, A. (2017) The impact of participation in job creation schemes in turbulent times. Labour Economics. https://doi.org/10.1016/j.labeco.2017.05.007
- Morkute, G., Koster, S. y van Dijk, J. (2017) Employment Growth and Inter-industry Job Reallocation: Spatial Patterns and Relatedness. Regional Studies, 51(6), 958-971. https://doi.org/10.1080/003434404.2016.1153800
- Delfmann, H. y Koster, S. (2016) The effect of new business creation on employment growth in regions facing population decline. SpringerLink. https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00168-015-0738-1
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2019.) Jóvenes Construyendo el Futuro. Recuperado el 1 de julio de 2019, de https://jovenesconstruyendoelfuturo.stps.gob.mx/
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2019). Consulta dinámica (Cubos).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.

Tecnologías eco-amigables basadas en almidón y fibras de desecho

Gissel Hernández Pérez[1], Zaira Itzel Hernández Rufino[1], María Teresa López Ostria[1], Mónica Balvanera Ortuño López[1]*

[1] Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Querétaro
* mbortuno@mail.itq.edu.mx

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis de tecnologías registradas o en desarrollo de películas eco-amigables de almidón, sus formulaciones y sus procesos, indagando en la posible integración de fibras de desecho como refuerzos de los biopolímeros. La búsqueda de información se realizó en bases de datos especializadas encontrando que existen numerosos esfuerzos publicados y registrados en relación a materiales basados en almidones de diferente orígenes junto con otros materiales naturales o sintéticos. Estos materiales se identifican en dichos reportes como biodegradables, lo que implica que son menos agresivos con el medio ambiente e incluso podrían ser compostables. Este análisis sirve como punto de partida para identificar oportunidades de desarrollos tecnológicos en materia de procesos de fabricación de envases biodegradables tipo bolsa de biopolímeros basados en almidón y alguna fibra natural de desecho como refuerzo del biocompósito.

Palabras clave: biopolímeros, biocompósitos, bioplásticos, bolsas biodegradables, almidón

Abstract

This work presents an analysis of the current and registered technologies for eco-friendly films and their processes, investigating the possible integration of waste fibers as reinforcements of biopolymers.The search of information was made in specialized databases, finding that there are many efforts published and registered in relationship to based on different origins starches materials and other synthetic or natural materials. These materials are identified in such reports as biodegradable, which implies that they are less aggressive with the environment and even compostables. This analysis works as a start point to identify technological development opportunities in the matter of biodegradable packaging fabrication processes, kind biopolymers bags based in starch, and some natural waste fiber as a reinforcement of the biocomposite.

Keywords: biopolymers, biocomposites, bioplastics, biodegradable bags, starch

Introducción

El origen de este proyecto se basa en la siguiente pregunta de investigación, ¿qué tecnologías en biopolímeros de almidón o sus biocompósitos reforzados con fibras naturales de desecho, se encuentran registradas en las diferentes bases de datos especializadas, que permitan identificar formulaciones y procesos, que lleven a construir un registro detallado para la toma de decisiones en la generación de oportunidades de nuevos desarrollos de bolsas biodegradables?

La globalización ha traído consigo grandes mejoras al mundo, facilitando actividades cotidianas y propiciando el consumo de productos desechables que cumplen su función de forma temporal. Para satisfacer la demanda de consumo por el crecimiento constante de la población, las empresas generan cada vez una mayor producción de productos de plástico, y con ello altos índices de contaminación por emisión de gases compuestos de sustancias nocivas como el mercurio, PCB, dioxinas y furanos como productos de combustión en sus procesos productivos, que son causantes de múltiples problemas a la salud de la población y las especies naturales (WECF 2015).

Según Arteaga (2016) cada mexicano produce al año un promedio de 311 kilogramos de residuos sólidos urbanos, de los cuales sólo 39.7 % son susceptibles de ser aprovechados. Esto a pesar de las regulaciones impuestas a las empresas, y a las campañas de concientización hacia el consumidor por medios de comunicación y redes sociales.

Los plásticos convencionales pueden tardar al menos 150 años en degradarse naturalmente (Ecoinventos, 2020). Es por ello que deberían ser depositados en lugares específicos para su recolección y reciclaje. No obstante, la mayor parte de la sociedad no se responsabiliza de su consumo ni de la gestión adecuada de sus residuos, abandonandolos en cualquier lugar sin importar si se perjudica el ambiente de las especies naturales. El 57% de los residuos plásticos en el mundo no son bien gestionados ni son parte de procesos de reciclaje (R. Geyer, 2017).

Por otro lado, la producción de piezas de plástico forma parte fundamental en la economía mundial, en particular para la producción de envases. El 40% de los materiales plásticos tienen esta aplicación, mayoritariamente para envases de uso doméstico o comercial (*Plastics Europe*, 2017). Los plásticos son preferidos por las empresas para la fabricación de todo tipo de productos para transportar otros productos individuales, debido a su ligereza y resistencia, además de su bajo costo y accesibilidad (Galotto, 2004).

Un estudio estima que de todo el plástico que el ser humano ha utilizado durante los últimos 150 años en todo el mundo, el 79%, está acumulado en vertederos o en entornos naturales (R. Geyer, 2017). Así mismo, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019) manifiesta que alrededor de 13 millones de toneladas de plástico son vertidas en los océanos cada año, afectando la biodiversidad, la economía y la salud de las personas. En el océano estos residuos son un conductor de microorganismos que acelera la expansión de especies invasoras y enfermedades (Kiessling & Gutow, 2015). La vida de animales silvestres se ve afectada por la ingesta de residuos plásticos, en 2016 se reportaron 800 especies de las costas, involucradas en la ingestión de desechos plásticos (*Secretary of the Convention on Biological Diversity*, 2016)

Por otro lado, los materiales biodegradables tienen la cualidad de integrarse naturalmente en casi cualquier tipo de ambiente luego de su vida útil, siendo más amigables con el ambiente. El desarrollo de productos basados en materiales biodegradables, aunque estos no necesariamente sean 100% naturales como los bioplásticos, ha representado una oportunidad para plantear soluciones a las problemáticas ambientales ocasionadas por los plásticos convencionales.

Para que un material se considere biodegradable debe cumplir con ciertas características, como son el desintegrarse en un 90 % en fragmentos menores a un tamaño específico, y el cumplir con un nivel de conversión del carbono orgánico en CO_2, dentro de un plazo determinado. En caso de intentar considerarse además como compostable, se debe comparar el crecimiento de plantas en un compost control, con una muestra de compost del mismo residuo orgánico que contiene 10% de material de ensayo, añadido al comienzo del compostado. No deben presentarse diferencias significativas en el crecimiento y desarrollo de las plantas en los dos medios. (Campuzano, 2018)

Existen diversas tecnologías en polímeros naturales o biopolímeros biodegradables y más eco-amigables, que han sido desarrolladas y a su vez registradas en múltiples bases de datos especializados. Estos trabajos son fuente de información mediante los cuales se pueden identificar formulaciones y procesos, que son referente para el desarrollo de nuevas investigaciones y tecnologías. Sin embargo, no existe tanta evidencia de estudios que recolectan y analizan dicha información.

La presente investigación tiene por objeto analizar tecnologías registradas y en desarrollo en relación a materiales basados en almidón y fibras naturales de desecho para la elaboración de películas, esto mediante la búsqueda sistemática de información para la generación de apreciaciones fundamentales que permitan la toma de decisiones en relación a una

nueva propuesta tecnológica sobre el diseño de una bolsa biodegradable basada en estos materiales naturales .

Para alcanzar el objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Explorar en las diferentes fuentes de información, qué fórmulas de biopolímeros basados en almidón y fibras o productos naturales de desecho han sido desarrolladas identificando formulaciones y sus procesos.
2. Organizar la información obtenida en artículos de investigación y registros de patentes sobre materiales biopoliméricos basados en almidón y fibras o productos naturales de desecho, mediante tablas de comparación de fórmulas y procesos.
3. Esquematizar la información obtenida sobre patentes de formulaciones de materiales biodegradables de acuerdo a su composición, procesos de fabricación, antigüedad y país de origen.
4. Analizar información científica y tecnológica relacionada con películas biodegradables de biopolímeros basadas en almidón y fibras o productos naturales de desecho, esto a través de la organización de información en tablas de análisis y esquemas.

Metodología

Se llevó a cabo una investigación exploratoria que tuvo como fin el análisis de tecnologías registradas o en desarrollo en fuentes especializadas, en relación con formulaciones y procesos para bolsas de polímeros biodegradables de almidón y fibras o productos naturales de desecho. Para lo cual se desarrollaron las siguientes actividades:

Se realizó la búsqueda sistemática de artículos de investigación y patentes, a través de palabras clave y ecuaciones de búsqueda en los motores *Google Academics, Scopus, Patentscope, Google Patents*, IMPI y Tu Gaceta. En la tabla 1 se muestran algunas de las palabras clave y ecuaciones que fueron exitosas para la búsqueda de literatura especializada.

Tabla 1. Palabras clave y ecuaciones de búsqueda. Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS	PATENTES
"Biopolímeros"+"bolsas"	Bolsas biodegradables de materiales compostables.
"Biopolímeros"+"bolsas"+"biodegradables"	Bolsas bioplásticas compostables de almidón de maíz y quitosan.
"Biopolímeros"+"empaques biodegradables"	Bolsas biopoliméricas de almidón de maíz y quitosan.
"Biopolímeros"+"empaques biodegradables"	Filmes biodegradables de almidón de maíz y quitosan para fabricación de bolsas.
"Empaques biodegradables"+"almidón"+"maíz"	Material biopolimérico biodegradable de almidón
"Compostabilidad"+"bolsas"+"biodegradables"	Material bioplástico de almidón de maíz y quitosan.
"Polímeros naturales"+" compostables"	Bioplastico de almidón de maíz, quitosan y fibras naturales.
"Biodegradabilidad"+"materiales"+"bioplásticos"	Películas biodegradables de almidón y quitosan.

A partir del resultado de estas búsquedas, se filtró la información relevante seleccionando las referencias en las que se identificó presencia de almidón como base de las formulaciones de películas eco-amigables. Se analizó la información para identificar datos trascendentes y criterios de comparación como son el uso de fibras u otros productos naturales de desecho, otros componentes como aditivos y plastificantes, así como los procesos para la fabricación de estos productos. Con dicha información, se elaboraron esquemas, gráficos y matrices de comparación de artículos y patentes.

Discusión de Resultados

En la tabla 2 se muestra un resumen de resultados de la búsqueda de artículos, identificando nombre de reporte, autor, formulaciones y procesos; lo que permite observar que en general existe gran interés por el uso de almidón junto con otros polisacáridos como materias primas. Entre estos componentes destacan celulosa, pectina y quitosano, combinadas con aditivos tanto de origen natural como sintético. Se han identificado los potenciales de almidones de orígenes variados como el maíz, la papa, la yuca y el trigo, en mezclas también compuestas por aditivos como la glicerina y aceites esenciales; así mismo se han estudiado productos basados en residuos

naturales de maíz y café. Oropeza y cols. (2016) hicieron una extensa revisión de la literatura analizando los reportes sobre propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación en películas base de almidón. En ese trabajo no se exploraron biopolímeros de almidón reforzados con fibras o partículas naturales.

Tabla 2. Resultados de la búsqueda de artículos de investigación.

NOMBRE DEL ARTÍCULO	CITA	FÓRMULA	PROCESO
Biopolímeros: avances y perspectivas	Valdivieso y col. (2013)	Aceite de higuerilla almidón, celulosa, poliuretano, poliol-glucósidos, polihidroxialcanoatos	Moldeo inyección, extrusión y soplado.
Polímero biodegradable de almidón de maíz	Quiñónez, (2015)	Almidón de maíz, glicerina y plastificante.	Extrusión, moldeo por presión.
Películas plásticas de polímeros naturales	Rutiaga, (2002)	Café (coffea arabica), maíz (zea mays), agua, glicerina y vinagre.	Casting
Almidón termoplástico a partir de almidón de yuca y maíz.	Gaitán, (2009).	Colágeno animal, quitosano marino, orino, proteínas y polisacáridos, ácido poli láctico (PLA) y polihidroxialcanoatos.	Extrusión
Biopolímeros a partir de almidón modificado de papa.	Alaecpn y col. (2016).	Almidón, pectina, quitosano.	Extrusión
Films de almidón de maíz.	Jiménez. (2013).	Almidón de maíz y yuca, glicerina.	Extrusión o termoformado
Biopolímeros de caseína y almidón	Fernández, (2004)	Almidón de papa, almidón de maíz, alcohol polivinílico, hidroxilcelilosa y glicerina.	Extrusión
Bolsas biodegradables a base de café y maíz	Toala y col. (2019)	Almidón y nacas, α-tocoferol y el aceite esencial de naranja, lecitina de soja, lecitina de colza.	Extrusión y moldeado por presión
Biopolímeros naturales.	Villa y cols., (2006)	Almidón de trigo, caseína acida, hidróxido de calcio	Extrusión
Alternativa a los polímeros de almidón	Flores y cols. (2018)	Almidón-quitosano y refuerzos de fibras de queratina	Casting
Síntesis y propiedades de filmes basados en quitosano/lactosuero.	Blanquiecet, (2015)	Quitosano y lactosuero	Casting

Entre los procesos de conformación que más destacan en los reportes analizados se encuentran el moldeo por extrusión, proceso convencional para la manufactura de bolsas sintéticas, moldeo por casting y termoformado. También se ha probado con otros métodos menos comunes como el moldeo por inyección, extrusión soplado e hilado de fibras.

Al observar las formulaciones de la tabla 2, no cabe duda que sus componentes pueden considerarse más amigables con el ambiente en comparación con los productos 100% sintéticos que actualmente dominan el mercado. Cabe destacar que el término de biodegradable no es un sinónimo de 100% natural, también es usado para productos menos agresivos con el ambiente que incluyen componentes sintéticos (bioplásticos) como en el caso del trabajo reportado por Valdivieso y col. (2013).

La ciencia y la tecnología en trabajo conjunto han obtenido mejores resultados en términos de impacto ambiental, desarrollando los bioplásticos, en los cuales se combinan componentes de origen natural con resinas plásticas. Nazareth y col., (2019) realizaron una evaluación sobre la degradación de bolsas en entornos marinos, análisis que consistió en observar el comportamiento de 6 bolsas compuestas por polipropileno, acetato de etileno, almidón, ácido poliláctico y polietileno, esto durante 17,180 días en sistemas acuáticos de agua salada, concluyendo que en estas condiciones fueron 100% biodegradables. En otro reporte se hicieron pruebas sobre una bolsa compuesta por PE (polietileno) y PP (polipropileno), encontrando que envejece lentamente, mediante un proceso que requiere de luz, calor, oxígeno y microorganismos, concluyendo de esta manera que dicho empaque se trata de un Oxo-biodegradable, término acuñado por la dependencia de oxígeno en el proceso (Silvestre, 2020). En contacto con el calor o la radiación UV, la fragmentación de estos materiales es más rápida que la de los materiales 100 % sintéticos. Sin embargo aún queda mucho por hacer, estos adelantos no han sido suficientes para atenuar los efectos de la contaminación de los ecosistemas naturales por plásticos.

Luego de la búsqueda en artículos de investigación queda claro que los retos a afrontar, en materia de nuevas tecnologías está en el desarrollo de novedosos materiales a base de materias primas 100% naturales y procesos menos agresivos con el medio ambiente. Estos productos en consecuencia serán realmente eco-amigables, no solo por la mayor facilidad de sus procesos de degradación, sino porque en su integración a los ecosistemas donde pueden ser ingeridos por especies animales, no representarán una amenaza para los seres humanos al formar parte de su cadena alimenticia, como si lo hacen los microplásticos (*Comisión Europea*, 2018; Liebmann, 2018).

Debe destacar que existen pocos estudios donde se evalúe el potencial de productos naturales de desechos, en las formulaciones de películas biodegradables o compostables. Estos agentes podrían incluirse como refuerzos en forma de fibras o partículas, para el diseño de materiales compuestos 100% naturales (biocompósitos), mejorando propiedades mecánicas y termomecánicas siendo aún eco-amigables (Patel, 2004; Flores, 2018).

En la tabla 3 se organizan los resultados de la búsqueda de patentes donde se puede observar que el almidón de maíz, ha sido utilizado en la mayoría de las patentes encontradas, lo cual no debe extrañar al ser este polisacárido altamente soluble en agua, fácilmente biodegradable y además compostable (Blanquicet, 2015).

Tabla 3. Resultados de la búsqueda de patentes. Fuente: Elaboración propia.

PATENTE	MATERIA PRIMA	PROCESO
Material aplicable para obtener filmes biodegradables para bolsas por extrusión y soplado, y método de preparación del mismo. (España) (No. Pub.: 2352291) **(Partal López, 2011)**	Polisacárido (almidón de maíz), derivado celulósico, polialcoholes, poliésteres alifáticos biodegradables.	Extrusión y Soplado
Proceso de extrusión reactiva para elaborar un material bioplástico con propiedades bioactivas, a partir de materiales compostables de fuentes renovables y fósiles; además de dicho material bioplástico. (México) (No. Pub.: WO/2016/090511) **(Maldona Mendoza, 2016)**	Alga verde, polímero comercial ecoflex (copoliéster alifático-aromático biodegradable, butanodiol, ácido adípico y ácido tereftálico o dimethyltherephthalate en la cadena del polímero).	Extrusión de películas
Composiciones biopoliméricas y productos de las mismas. (México) (No. Pub.: PA/a/2006/010706) **(Dominique Nicolás, 2017)**	Maltodextrina, almidón (y sus derivados), derivados de celulosa, polisacárido originado por bacterias (exopolisacárido).	Extrusión de películas
Composites de sistemas termoplásticos que emplean polvo de cáscara de coco, almidón de maíz y aditivos oxo-degradativos para formular artículos de plástico espumado biodegradables. (México) (No. Pub.: WO 2015/057045 A1) **(Gómez Flores, 2015)**	Polvo de cáscara de coco, almidón de maíz y aditivo oxo-degradativo, polietileno de alta densidad, azodicarbonamida.	Extrusión y peletizado
Mezcla y proceso, para elaborar un material plástico biodegradable.(México) (No. Pub.: WO 2016/093685 A1) **(Pascoe Ortiz, 2016)**	Jugo de mucílago (*agavaceaes*), proteína natural (grenetina), cera de origen vegetal, humectante (glicerina).	Casting
Composición para uso en artículos biodegradables comestibles y método de uso. (México) (No. Pub.: WO 2007061592 (20070531)) **(Dellinger, 2008)**	Agua, almidón (maíz, trigo, arroz o fuentes animales), materiales fibrosos naturales, agente para liberación de molde, agentes saborizantes, agentes colorantes, emulsiones de cera, proteína de soya.	No reportado
Película biodegradable, procedimiento para su preparación y usos.(Argentina) (No. Pub.: AR 080876 A1) **(Garcia, 2012)**	Quitosano, ácido tánico y glicerol.	Casting
Composiciones biodegradables a base de almidón nanoparticulado. (España) (No. Pub.: ES2345518T3) **(Bastioli, 2010)**	Matriz de polímero (hidrófobo, rígido, incompatible), almidón, poliésteres de diácido-diol.	Extrusión de películas
Bolsas biodegradables no tóxicas (Indonesia) **(Kumala, SOSTENIBLE, 2017)**	Fibras vegetales de Yuca y resina natural.	No reportado

En la figura 1 se esquematiza la distribución de patentes por material base de su formulación, distinguiéndose con claridad el interés que ha existido por el registro de formulaciones y procesos basados en almidones de diferentes orígenes como el maíz, la yuca, el trigo y la papa (para más detalles véase la tabla 2), conservando la tendencia identificada en los artículos de investigación analizados. El 44% de las patentes están basadas en este biopolímero, mientras que el 56% se distribuye entre otros materiales naturales.

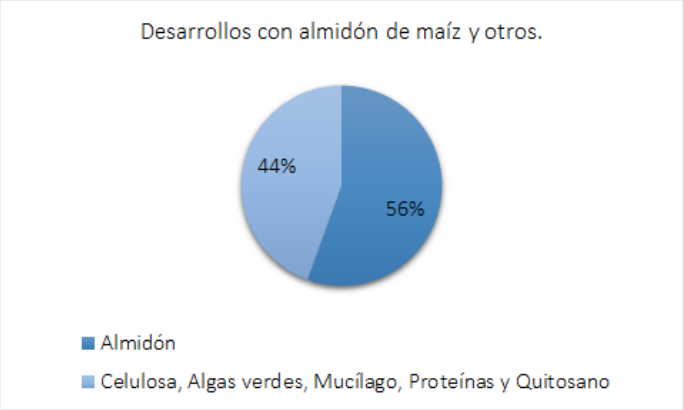


Figura 1. Patentes desarrolladas con almidón de maíz y otros como celulosa, algas verdes, mucílagos, proteínas y quitosano. Fuente: Elaboración propia.

A nivel mundial México ocupa el cuarto lugar en número de patentes de películas basadas en almidón, seguido de él se encuentra Argentina, otro país latinoamericano en donde el almidón también es un producto abundante y de bajo costo (FAO, 2010; Oropeza, 2016). La abundancia de patentes mexicanas y argentinas basadas en almidón se refleja también en la distribución del origen de las patentes de bolsas y películas biodegradables, esquematizadas en la figura 2. En dicha figura se presenta un esquema donde se aprecia la distribución de patentes de formulaciones de bolsas y películas biodegradables basadas en polisacáridos y otros productos naturales como fibras y partículas, por país de origen. Los países a los que pertenecen dichas patentes son México, Argentina, España e Indonesia.

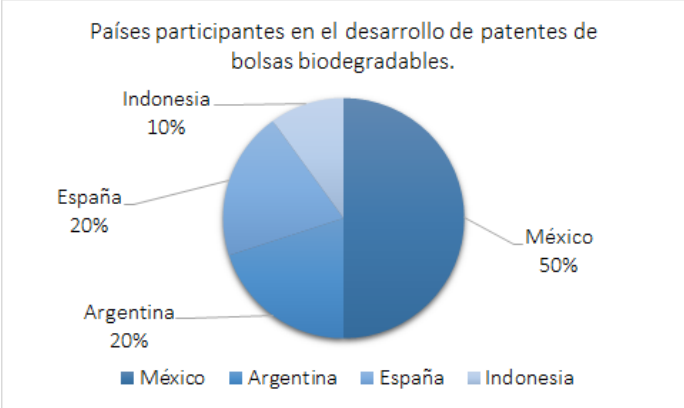


Figura 2. Países participantes en el desarrollo de patentes de bolsas biodegradables. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se aprecia la antigüedad de los registros de las patentes analizadas, observándose que las más recientes son del año 2017, y la mitad de ellas son de entre 2016 y 2017. Esto en contraste con la gran cantidad de publicaciones recientes que se encontraron para el análisis de artículos de investigación. Lo anterior deja ver que en los últimos años ha disminuido el interés por el registro de estas tecnologías, pero a la vez supone una oportunidad no agotada para el registro de nuevas propuestas tecnológicas.

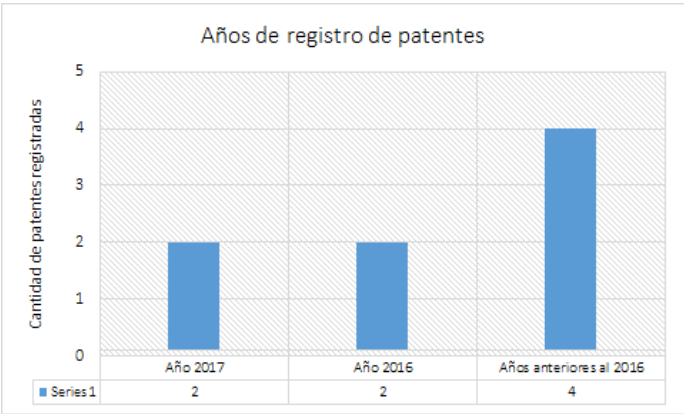


Figura 3. Representación de años de registro de patentes. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se observó que entre las patentes de formulaciones basadas en almidón, son menores las formulaciones de productos 100% naturales (biopolímeros), la mayoría incluyen además de almidón otros productos sintéticos como poliolefinas y poliésteres (bioplásticos). El resto de los registros se distribuyen entre otros biopolímeros basados en quitosano, grenetina, mucílago, celulosa y resinas naturales o bioplásticos basados en otros productos naturales. (figura 4)

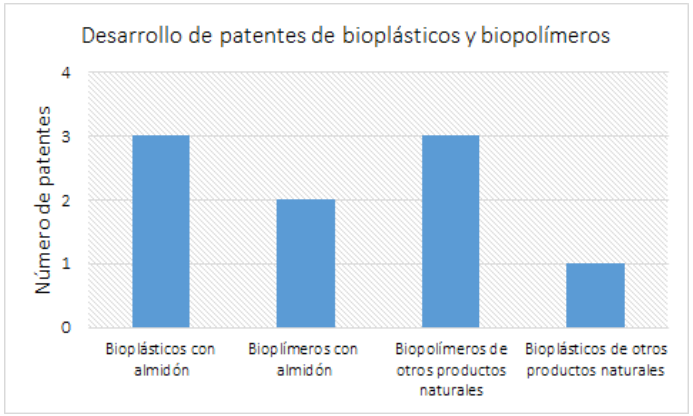


Figura 4. Desarrollo de patentes de bioplásticos y biopolímeros.Fuente: Elaboración propia.

Alternativamente a la investigación en artículos y patentes, en este trabajo también se estudió la normatividad de pruebas de biodegradabilidad de productos considerados eco-amigables o compostables, encontrando que existen normas establecidas tanto en la Organización Internacional de Normalización (ISO) como en la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), en relación a procedimientos y requisitos para la identificación y etiquetado de plásticos y productos fabricados que son adecuados para la recuperación mediante compostaje aeróbico.

La norma ISO 17088:2012 aborda la biodegradación, la instalación del compostaje, desintegración durante el compostaje, efectos negativos en el proceso y sobre la calidad del compostaje, incluida la presencia de altos niveles de metales regulados y otros componentes nocivos. Por su parte la ASTM D6400-19 considera un polímero biodegradable un material que es capaz de descomponerse en CO_2, metano, agua, componentes orgánicos o biomasa, como resultado de la acción microbiana Esta norma tiene como propósito especificar y establecer estándares para identificar productos y materiales que se compostarán satisfactoriamente en las instalaciones de compostaje comerciales y municipales.

Se ha observado que en la mayor parte de los reportes de artículos y patentes se utiliza el término biodegradable sin considerar las normatividades vigentes en esa materia. Lo anterior es aún más preocupante en el tema de patentes, ya que son tecnologías que muy probablemente se encuentren en vía de consolidación y comercialización.

Por otra parte, dos de los procesos con mayor auge para la elaboración de bolsas y películas biodegradables, es el método de moldeo por extrusión y el moldeo por *casting*. En la figura 5 se muestra un esquema para ilustrar la distribución de los registros consultados por tipo de proceso. La extrusión de las películas de biopolímeros es la tecnología de fabricación dominante, mientras que el moldeo por casting o vaciado sólo se ocupa en el 11 % de los procesos.

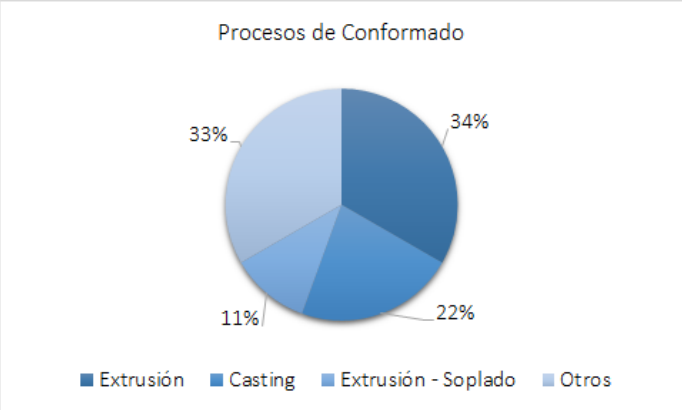


Figura 5. Distribución de procesos para bolsas y películas eco-amigables basadas en formulaciones de almidón- Patentes. Fuente: Elaboración propia.

En términos de impacto ambiental los procesos de fabricación de los productos, son igualmente trascendentes que los componentes de las formulaciones. Todos los procesos industrializados para el conformado de piezas de plástico, como la extrusión y la inyección, tienen necesidades energéticas altas y de uso de maquinaria robusta y especializada, en contraste con el moldeo por vaciado.

Los métodos de moldeo por *castig* sólo requieren de calentamiento a bajas temperaturas y de agitación continua de los componentes de la fórmula contenidos en un reactor. Así como del subsecuente vaciado en moldes de dimensiones apropiadas, de acuerdo a las necesidades del producto. Esto supone una oportunidad para la propuesta de nuevos modelos de negocio que permitan la incorporación de procesos productivos simples, que apoyaría la economía de comunidades marginadas.

Conclusiones

En este trabajo se analizaron tecnologías registradas como patentes, y tecnologías en desarrollo como artículos, sobre formulaciones y procesos para películas de polímeros biodegradables. El centro de esta investigación fue la búsqueda sistemática de información en bases de datos especializadas, de formulaciones basadas en almidón y fibras o productos naturales de desecho y sus procesos, su organización en tablas de análisis y su esquematización, a partir de lo cual se identificaron oportunidades de nuevos desarrollos.

Lo más importante de este estudio es la generación de apreciaciones fundamentales que podrían ser la base de la toma de decisiones respecto a nuevas propuestas tecnológicas de materiales eco-amigables basados en almidón. Entre dichas apreciaciones destaca la necesidad del desarrollo y registro de tecnologías que puedan demostrar su biodegradabilidad de acuerdo a las normas vigentes, que sean 100% naturales, compostables o que puedan aprovechar productos naturales de desecho para la generación de otros productos de mayor valor agregado. Así mismo en términos de los procesos de fabricación, destaca la necesidad de implementar tecnologías de bajas necesidades energéticas, como parte de modelos de negocios que beneficien a grupos y comunidades desfavorecidas.

Agradecimientos

Al Programa de Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos 2020 del Estado de Querétaro, por incentivar y promover la investigación en los estudiantes de nivel superior.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, a través de la División de Posgrado e

Investigación, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. Galotto, M., Venezuela, X., & Guarda, A. (2004). Inocuidad de los envases plásticos destinados al envasado de alimentos. Santiago de Chile.
2. PlasticsEurope (PEMRG) and Conversion Market & Strategy GmbH. 2017. “Plásticos – Situación en 2017,” Plastic the Facts 2017.
3. R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law. (2017). “Production, use, and fate of all plastics ever made - Supplementary Information” Science Advances.
4. Tim KiesslingLars GutowMartin Thiel. (2015). “Marine Litter as Habitat and Dispersal Vector”. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_6.
5. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2016). “Marine debris: Understanding, preventing and mitigating the significant adverse impacts on marine and coastal biodiversity”. CBD Technical Series No. 83. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf
6. Arteaga. J (septiembre 22/2016) "El mexicano que construyó la recicladora más importante en el mundo" Blog: Entrepeneur. Obtenido de: https://www.entrepreneur.com/article/282771
7. WECF and Women in Europe for a Common Future. 2005. “Dangerous Health Effects of Home Burning of Plastics.
8. Comisión Europea. (2018). “Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre el impacto en el medio ambiente del uso de plásticos oxodegradables, incluidas las bolsas de plástico oxodegradables” and Waste Fact Sheet Dioxin emissions from plastic burning”.
9. Ortiz Zúñiga Laura (2019, Julio, 3). 10 cifras de la ONU para mostrar el daño que los plásticos le hacen al planeta. https://expansion.mx/vida-arte/2019/07/03/10-cifras-de-la-onu-para-mostrar-el-dano-que-los-plasticos-le-hacen-al-planeta
10. J.L. Silvestre. (2020) "Evaluación ambiental de alternativas para sustituir las bolsas plásticas por biodegradables en las grandes superficies de Bogotá."Universidad Santo Tomás, Bogotá Decanatura de División de Universidad Abierta y a Distancia Administración Ambiental y de Los Recursos Naturales Facultad de Ciencias y Tecnología. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23375/2020jeymysilvestre.pdf?sequence=4
11. Bastioli, C. (2010, 24 septiembre). Composiciones biodegradables a base de almidon nanoparticulado. Google Patents. https://patents.google.com/patent/ES2345518T3/es?q=pel%C3%ADculas+biopl%C3%A1sticas&oq=pel%C3%ADculas+biopl%C3%A1sticas+
12. Dellinger, D. (21 de Julio de 2008). Composición para uso en artículos biodegradables comestibles y método de uso. PATENTSCOPE. https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf;jsessionid=FD7BA3CF47479A41814FB3C3099D7DE6.wapp1nB?docId=MX177970&tab=NATIONALBIBLIO
13. Dominique Nicolás, C. (20 de Abril de 2017). Composiciones biopoliméricas y productos de las mismas. PATENTSCOPE. https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX154293&_cid=P20-KHWOPP-44288-1
14. FAO. (2010). YARA. Obtenido de Knowledge grows: https://www.yara.es/nutricion-vegetal/maiz/mercados-del-maiz/
15. Garcia, M. A. (16 de Mayo de 2012). Película biodegradable, procedimiento para su preparación y usos. PATENTSCOPE. https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=AR74234917&tab=NATIONALBIBLIO
16. Gómez Flores, J. A. (23 de Abril de 2015). Composites de sistemas termoplásticos que emplean polvo de cáscara de coco, almidón de maíz y aditivos oxo-degradativos para formular artículos de plástico espumado biodegradables. Google Patents. https://patents.google.com/patent/WO2015057045A1/en?oq=%22bolsas%22%2b%22almid%C3%B3n+de+ma%C3%ADz%22%2b%22biodegradables%22
17. Kumala, K. (12 de Enero de 2017). SOSTENIBLE. Obtenido de https://sostenibilidad.semana.com/tendencias/articulo/bolsas-plasticas-que-se-disuelven-en-agua/36833
18. Maldona Mendoza, Á. A. (16 de Junio de 2016). Proceso de extrusión reactiva para elaborar un material bioplástico con propiedades bioactivas, a partir de materiales compostables de fuentes renovables y fósiles; además de dicho material bioplástico. PATENTSCOPE. https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2016090511&tab=PCTBIBLIO
19. ONU. (03 de Julio de 2019). EXPANSIÓN. Obtenido de https://expansion.mx/vida-arte/2019/07/03/10-cifras-de-la-onu-para-mostrar-el-dano-que-los-plasticos-le-hacen-al-planeta
20. Partal López, P. (17 de Febrero de 2011). Material aplicable para obtener filmes biodegradables para bolsas por extrusión y soplado, y método de preparación del mismo. PATENTSCOPE. https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES32207259&_cid=P22-KHQV9P-30057-1
21. Pascoe Ortíz, S. (16 de Junio de 2016). Mezcla y proceso, para elaborar un material plástico biodegradable. Google patents. https://patents.google.com/patent/WO2016093685A1/es?oq=%22pel%C3%ADculas%22%2b%22biodegradables%22
22. Rodríguez Cuesta, A. (2018). Biodegradabilidad de Materiales Plásticos. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 69-72.
23. Ecoinventos 27 Agosto 2020" Solubag, la bolsa chilena hidrodegradable que se desintegra al contacto con el agua" Blog. obtenido de https://ecoinventos.com/solubag-bolsa-hidrodegradable/
24. Oropeza G. R., Montes H. A.,& Padrón P. C. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas,

funcionales y biodegradación. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 7 (1), 065-093.
25. Flores-Hernandez C.G., Martinez-Hernandez A.L., Colin-Cruz A., Martinez-Bustos F., Castaño V.M., Olivas-Armendariz I., Almendarez-Camarillo A. & Velasco-Santos. (2018). Starch modified with chitosan and reinforced with feather keratin materials produced by extrusion process: an alternative to starch polymers. Starch/Starke. 11-12 (1700295), 70. https://doi.org/10.1002/star.201700295.
26. Patel, Martin, Bastiolli, Catia, & Luigi. (2004). Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres. Biopolímeros, 33, 13. https://www.virtualpro.co/revista/biopolimeros
27. Liebmann B., Köppel S. , Königshofer P, Bucsics T., Reiberger T. & Schwab P.. (2018) ”Assessment of microplastic concentrations in human stool – final results of a prospective study”. 10.13140/RG.2.2.16638.02884.
28. Campuzano, J.F., López Y Álvarez, C.(2018). "Normativas y Regulaciones para polímeros Biodegradables y Compostables". Tecnología del Plástico. Recuperado de:https://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663?pagina=2. 07/12/2020

Educación emocional dirigida a docentes de educación primaria

Autoría:

Jara Morales María Guadalupe.
(lupitalajara@gmail.com)
Martínez Lisarraga Miriam Lizet.
(miriamlizet17@gmail.com)

Asesor:

Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes

Resumen

El objetivo general de la investigación fue diseñar y evaluar materiales digitales (infografías) con temáticas de educación socioemocional con el fin de brindar a los docentes de educación primaria una mayor información sobre el tema para abordarlo con sus alumnos en estos tiempos de pandemia.

La investigación tiene una metodología cualitativa con alcance exploratorio, se llevó a cabo en el Estado de Querétaro, los instrumentos que se utilizaron fueron encuestas virtuales e infografías para explicar las diferentes temáticas.

Los temas que se consideraron en esta investigación fueron los siguientes: Educación socioemocional, expresión emocional, regulación emocional, tolerancia a la frustración, comunicación asertiva y escucha activa, valor y diversidad cultural del medio ambiente, inclusión, autonomía, autoestima, empatía, resolución de conflictos y motivación.

Se trabajó en equipo para recolectar información a través de las encuestas y para diseñar el material (infografías). Posteriormente el equipo se dividió para la sistematización de resultados obtenidos.

Dentro de los resultados se observa que a pesar de que no todos los docentes contestaron las encuestas, en general la información fue de gran ayuda para poder implementarla con sus alumnos.

Como conclusión se puede expresar que se cumplió el objetivo expuesto. Es un tema al que se le puede dar continuidad ya que también es importante que los docentes trabajen con su estado emocional.

Palabras clave: Educación socioemocional, Docentes de nivel primaria, COVID 19, infografía.

Summary

The general objective of the research was to design and evaluate digital materials (infographics) with socio-emotional education themes in order to provide primary school teachers with more information on the subject to address it with their students in these times of pandemic.

The research has a qualitative methodology with exploratory scope, it was carried out in the State of Querétaro, the instruments that were used were virtual surveys and infographics to explain the different topics.

The topics that were considered in this research were the following: Socio-emotional education, emotional expression, emotional regulation, tolerance to frustration, assertive communication and active listening, value and cultural diversity of the environment, inclusion, autonomy, self-esteem, empathy, resolution of conflicts and motivation.

They worked as a team to collect information through the surveys and to design the material (infographics). Subsequently the team was divided to systematize the results obtained.

Within the results, it is observed that although not all teachers answered the surveys, in general the information was of great help to be able to implement it with their students.

As a conclusion it can be expressed that the stated objective was met. It is a subject that can be given continuity since it is also important that teachers work with their emotional state.

Keywords: Socio-emotional education, Primary level teachers, COVID-19, infographics.

Introducción.

Con la aparición de un nuevo virus nombrado SARS-CoV 2, el cual produce la enfermedad COVID-19 la cual se desarrolló en China y se propagó rápidamente alrededor del mundo llegando a principios de marzo de 2019 a México, esto ha traído consigo una emergencia sanitaria afectando distintos ámbitos sociales, entre ellos el ámbito educativo.

Gabriela de la Cruz Flores expresa que "la pandemia de COVID-19 implicó múltiples cambios en los hogares, el traslado forzado de las actividades escolares al seno de las dinámicas familiares" (Cruz, G. 2020, p.39) a causa de la pandemia y el distanciamiento social.

El gobierno de México diseñó el programa Aprende en Casa con la finalidad de darle continuidad a la educación de niñas, niños, adolescentes y jóvenes, estos servicios educativos se otorgaron a través del uso de la televisión y del internet.

Esta estrategia consistió en utilizar canales de televisión públicos para transmitir programas que abordan los contenidos educativos de los distintos grados escolares de educación básica. Janneth Trejo-Quintana expresa que "estos canales públicos tienen una cobertura limitada, se pueden sintonizar en poco más de 70 por ciento del territorio nacional, sólo llegan a las principales ciudades del país y su índice de cobertura en cada entidad federativa suele ser muy bajo" (Trejo, J. 2020, p. 125)

Durante la educación a distancia los docentes han tenido que modificar contenidos y desarrollar nuevas estrategias, así como actividades adecuadas, las cuales se puedan implementar en el hogar.

La pandemia del "COVID-19" y la necesidad por el distanciamiento físico ha generado un gran impacto en la sociedad, sobretodo en el aspecto emocional el cual se ve afectado por la ansiedad, el estrés y la depresión, sobretodo en docentes, alumnos y padres de familia según lo expresa la UNESCO (2020) en su informe "Promoción del bienestar socioemocional de los niños y jóvenes durante la crisis"

Es por ello que durante el mes de mayo y junio del presente año se realizó una investigación cualitativa con alcance exploratorio en donde el objetivo principal fue conocer la perspectiva de los docentes de nivel primaria del Estado de Querétaro en relación a la educación socioemocional durante el periodo de educación a distancia, con el fin de elaborar material de apoyo.

Esta intervención e investigación se centró en los docentes de educación primaria, con el siguiente objetivo.

Objetivo: Coadyuvar a la formación de los docentes de educación primaria en temáticas relacionadas con la educación socioemocional.

Para la realización de esta investigación se trabajó en equipo para el diseño de las infografías como también para recabar la información a través de las encuestas. Posteriormente el equipo se dividió para la sistematización de resultados obtenidos.

Educación socioemocional.

Hablar de educación emocional es actualmente una necesidad social. Para Esther Álvarez "la educación socioemocional tiene como propósito el reconocimiento de las emociones propias y de los demás, así como la gestión asertiva de las respuestas a partir de una adecuada autorregulación, lo que favorece las relaciones sociales e interpersonales, además de la colaboración con otro. (p. 309)."

El modelo educativo para la educación básica en México plantea el abordaje de la educación socioemocional, el cual alude al papel que juegan las emociones en el desarrollo de competencias para la vida.

"Desde que las clases presenciales fueron suspendidas el 15 de marzo, la necesidad de avanzar en el aprendizaje socioemocional, el reconocimiento y gestión de las emociones se hace cada día más evidente, tanto para los equipos docentes como para las familias, en el entendido que aprender con y desde las emociones es parte del aprendizaje integral que requerimos para avanzar en una educación de calidad" (Educar en tiempos de pandemia, 2020, p. 1).

Incluir dentro de los programas educativos temas específicos para la educación socioemocional traería grandes beneficios para los alumnos, ya que es importante que conozcan qué hacer con sus emociones, así como controlar sus impulsos son piezas fundamentales para una sana convivencia.

"La educación emocional propicia la convivencia escolar armónica y positiva, y el establecimiento de relaciones sociales empáticas y horizontales. De esta manera, se crean condiciones para la participación y el trabajo colaborativo entre estudiantes y docentes" (Salazar, P., 2016, p. 107).

La educación socioemocional en las escuelas puede ayudar a la disminución y/o eliminación de la violencia y conductas de riesgo dentro y fuera de las instituciones educativas.

La educación socioemocional potencializa la autoestima de los alumnos, lo cual repercute positivamente en el desempeño académico de los estudiantes.

Es importante para los docentes y profesionales en el ámbito de la educación conocer sobre el desenvolvimiento socioemocional para que puedan dedicar tiempo y trabajar con temas emocionales que se pueden llegar a ver implicados en nuestra vida cotidiana y son expresados mediante la convivencia social.

Temáticas de educación socioemocional presentadas a los docentes de nivel primaria.

Expresión emocional. Expresar las emociones es decir cómo nos sentimos, para ello debemos de reconocer las emociones tanto positivas como negativas; expresar las emociones ayuda a sentirnos mejor con nosotros mismos. "Las emociones son procesos afectivos que emergen en la interacción del sujeto con el medio, y que conllevan a una expresión desde lo fisiológico, motor conductual expresivo y subjetivo experiencial, en la base de la valoración que realiza el sujeto del estímulo y el contenido vivencial que posea, agrado o desagrado, en integración con sus necesidades y motivaciones individuales" (Cassinda, M. Gallo, L. y Guerra, V., 2017).

Regulación emocional. "La regulación emocional es el proceso a través del cual los individuos modulan sus emociones y modifican su comportamiento para alcanzar metas, adaptarse al contexto o promover el bienestar tanto individual como social" (Gómez y Calleja, 2016, p. 96).

La regulación emocional es la capacidad para manejar las emociones de forma apropiada para ello se debe de tomar conciencia de las propias emociones y generar una adecuada estrategia para dirigir la emoción.

Tolerancia a la frustración. Cuando una persona es incapaz de satisfacer un deseo o impulso, se produce la frustración la cual es un estado negativo. Ventura, Caycho, Vargas, y Flores citan a Dryden & Matweychuk que definen la tolerancia a la frustración como "la capacidad para resistirse a eventos adversos, difíciles o estresantes en que el individuo demora su impulso o respuesta, y continúa a pesar de estas contrariedades" (Ventura, Caycho, Vargas, y Flores, 2018, p.23).

Comunicación asertiva y escucha activa. La comunicación y la escucha son elementos importantes para interactuar con los demás y desarrollar relaciones intrapersonales. La comunicación asertiva tiene que ver con la capacidad de expresarse de forma adecuada a la situación. (Flores, García y Calsina, 2016).

La escucha activa consiste en atender a la totalidad del mensaje que se recibe, es decir, prestar atención al contenido. Canales y Ugalde mencionan que "un docente debe escuchar cuidadosamente a sus estudiantes, comprender sus sentimientos, estar

interesado en lo que dicen y ser sensitivo a sus necesidades" (p.53).

Reconocimiento y valoración de la diversidad cultural y el medio ambiente.

Pedrero, E., Moreno, O. y Moreno P. citan a Terrón el cual expresa que "la educación intercultural es la propuesta educativa inclusiva que favorece el conocimiento y el intercambio cultural como la valoración positiva de la diversidad cultural en términos de convivencia, innovación curricular y fomento de la participación comunitaria en una escuela inclusiva, una escuela para todas y todos" (Citado en Pedrero, Moreno, Moreno, 2017, p. 13). La cultura es rica en diversidad y posee un valor intrínseco tanto para el desarrollo como para la relación social y la paz. Es necesario el reconocimiento y respeto mutuo por expresiones culturales no compartidas.

La valoración y el cuidado del medio ambiente es muy importante ya que es la fuente de vida y de interacción para los seres humanos y el resto de los seres vivos.

La inclusión. Es importante reconocer que cuando hablamos de inclusión no se debe asociar únicamente a las personas que tienen alguna discapacidad, también se hace referencia a la diversidad socioeconómica, sexual, religiosa, lingüística y étnica.

Mendoza (2018) afirma que "es menos costoso establecer y mantener escuelas en las que se enseña a todos los niños juntos, que establecer un complejo sistema de distintos tipos de escuelas que se especialicen en diferentes grupos de niños".

La autonomía. Sanchez y Casal citan a Holec, el cual define la autonomía como la habilidad de hacerse cargo del aprendizaje de uno mismo, y añade que esta habilidad no es innata, sino que debe ser adquirida, bien por medios naturales, o bien a través de la educación formal. (Como se cita en Sanchez y Casal, 2016, p. 179). El desarrollo de la autonomía es un objetivo primordial en la educación de un niño. Un niño autónomo es aquel que es capaz de realizar por sí mismo aquellas tareas y actividades propias de los niños de su edad y de su entorno sociocultural.

La autoestima. La autoestima se va desarrollando a lo largo de la vida a partir de las interacciones que el sujeto realiza con los otros y su entorno. Arango y Panesso citan a Mejía y Pastrana; expresan que la autoestima "es considerada como la valoración que se tiene de sí mismo, involucra emociones, pensamientos, sentimientos, experiencias y actitudes que la persona recoge en su vida" (Arango y Panesso, 2017, p.2)

La empatía. La empatía es la capacidad de una persona para ponerse en el lugar del otro y poder así comprender su punto de vista, sus reacciones y sentimientos. "También se le considera como la capacidad de ponerse en los zapatos del otro e imaginar cómo es la vida para esa persona, incluso en situaciones con las que no se está familiarizado" (Corrales, Quijano, y Góngora, 2017, p. 60).

Resolución de problemas mediante el diálogo. La resolución de problemas es identificar o descubrir una solución o respuesta de afrontamiento eficaz para un problema particular mediante el diálogo, en donde se utiliza la escucha activa y la comunicación asertiva. "Es el espacio interdisciplinario, profesional, académico, de investigación, teorización, formación y activismo que alberga el conjunto de conocimiento de todo tipo sobre el conflicto, incluyendo técnicas, métodos, estrategias y sistemas de gestión positiva" (Pérez, 2015, p.112).

La motivación. "La motivación escolar tiene que ver más concretamente con la activación de recursos cognitivos para aprender aquello que la escuela propone como aprendizaje. El docente debe aprender a generar objetivos claros que motiven al alumno". (Valenzuela, Muñoz y Peña, 2015, p.352).

Metodología

El tipo de investigación es cualitativo con alcance exploratorio.

Población: Docentes de nivel primaria pública y privada del estado de Querétaro.

Muestra: La muestra fue por conveniencia pues participaron las y los docentes que mostraron voluntad de hacerlo

No	Sexo	Edad	Años como docente	Grado	Privada y/o Pública
1.	Masculino	34 años	6 años	3°	Pública
2.	Femenino	30 años	8 años	1°	Pública
3.	Femenino	35 años	11 años	6°	Pública
4.	Femenino	29 años	5 años	1°	Pública
5.	Femenino	27 años	6 años	1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6°	Pública
6.	Masculino	48 años	Más de 20 años	1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6°	Privada
7.	Masculino	43 años	16 años	3°	Privada
8.	Femenino	28 años	2 años	1°	Privada
9.	Femenino	33 años	5 años	3°	Pública
10.	Femenino	37 años	14 años	5° y 6°	Pública
11.	Masculino	-	-	1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6°	Pública
12.	Masculino	-	-	3° y 4°	Pública
13.	Femenino	46 años	Más de 20 años	Directora	Pública

Tabla 1. Características de las y los participantes.

Como se puede observar en la Tabla 1 se cuenta con 5 hombres y con 8 mujeres, de los cuales 3 laboran en escuelas privadas y 10 en escuelas públicas, un docente el cual labora en escuela privada y 5 docentes que laboran en educación pública brindan su servicio en escuelas multigrado, estas son escuelas en las que todos sus docentes atienden a estudiantes de más de un grado escolar. También participa una directora de educación primaria.

Instrumentos:

- Infografías. Se realizaron diseños de infografías con las temáticas especificadas anteriormente, las cuales cuentan con información y sugerencias que les pudieran ser útiles para implementar contenidos en relación a la educación socioemocional.

- Encuestas virtuales. La encuesta virtual consta del formulario de evaluación de cada infografía, dicho formulario fue elaborado en la plataforma de Google y se distribuyó mediante un grupo de WhatsApp en donde estuvieron integrados las y los docentes.

  Cada encuesta constó de 9 preguntas, las cuales se dividen por secciones, la primera sección son los datos de los profesores, la siguiente es la evaluación y funcionalidad de las infografías y la última sección es el conocimiento que el docente se lleva del tema.

Fechas en que las infografías y formularios de Google fueron distribuidos a los docentes de nivel primaria.

No.	Fecha de aplicación	Tema de Infografía
1.	8/10/2020	Educación Socioemocional
2.	9/10/2020	Expresión emocional
3.	12/10/2020	La regulación emocional
4.	13/10/2020	Tolerancia a la frustración
5.	14/10/2020	Comunicación asertiva y escucha activa
6.	15/10/2020	Reconocer y valorar la diversidad cultural y el medio ambiente.
7.	16/10/2020	La inclusión
8.	19/10/2020	La autonomía
9.	20/10/2020	La autoestima
10.	21/10/2020	La empatía
11.	22/10/2020	Resolución de problemas mediante el diálogo
12.	23/10/2020	La motivación

Tabla 2. Fechas y temáticas de aplicación.

Los resultados se obtuvieron durante el mes de octubre e inicios de noviembre.

Resultados.

A continuación, se presentan algunos de los resultados.

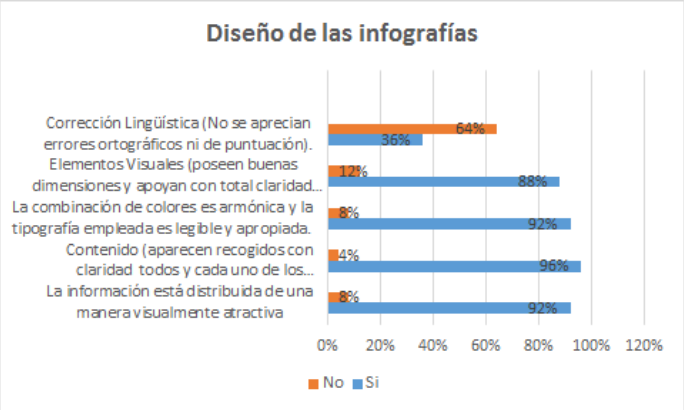
¿Ya tenías conocimiento del tema?

El 96% de los docentes ya tenían conocimiento de los temas expuestos en las infografías, solo el 6% no tenían conocimiento de los temas "Regulación emocional", "Tolerancia a la frustración", "Comunicación Asertiva y Escucha Activa" y "Autonomía"

¿La información contenida en esta infografía te es funcional para implementarla en tu grupo?

El 97% de los docentes consideran que la información les puede funcionar para implementarla en su grupo y el 3% respondió que la información de las infografías "Regulación emocional" y "Motivación" no les era funcional.

Diseño de infografía



Gráfica 1. Diseño de las infografías

Como se puede observar en la gráfica 1 el 64% de los docentes no encontraron faltas de ortografías y el 36% de los docentes expresa que si había faltas de ortografía en las infografías.

Al 88% de los docentes les parece adecuados los elementos visuales (imágenes) ya que estos poseen buenas dimensiones y apoyan a transmitir el mensaje, solo el 12% de los docentes creen que los elementos visuales no son los adecuados.

El 92% de los docentes expresan que la combinación de colores es armónica y la tipografía empleada es legible y apropiada; y al 8% de los docentes no les parece apropiados los colores ni la tipografía.

El 96% considera que el contenido del tema y los conceptos aparecen con claridad, mientras el 4% respondió que no todas las infografías cumplen con este rubro.

El 92% de los docentes respondió que la información que se encontraba en las infografías estaba distribuida de una manera visual atractiva y el 8% considera que no se tuvo una buena distribución en la información.

El último reactivo de la encuesta consistió en pedirles que resumieran en una oración corta el conocimiento que se llevaban de los diversos temas, en la siguiente tabla se observan los resultados.

Tema de la infografía	**Respuestas más significativas**
Educación socioemocional	• Deben ir de la mano el aprendizaje académico, social y emocional para una verdadera educación integral, se debe practicar padres y docentes • La Importancia de la educación socio emocional agentes educativos para el bienestar de desarrollo Integral, físico, emocional y social
Expresión emocional	• Es un tema importante, sin embargo, debe implementarse más en casa • El conocimiento de nuestras emociones es primordial para el bienestar
Regulación emocional	• Debemos conocernos emocionalmente para poder manejar nuestras emociones de una manera correcta • La regulación de las emociones sobre todo en esta pandemia debe tomarse con mucha Importancia, estamos rodeados de personas con diferentes pensamientos, sentimientos
Tolerancia a la frustración	• Es parte de la vida todo aquello que no sale como esperabas, pero afrontarlo de la mejor manera te llevará a un desarrollo emocional más sano. • Aprender a reconocer las emociones negativas y positivas.
Comunicación asertiva y escucha activa	• La asertividad ayuda en el autoestima y empatía para con nuestros pares • Me encantó sobre todo porque en estos tiempos la tolerancia se ha perdido y no somos capaces de escuchar y entender a los demás
Reconocer y valorar la diversidad cultural y el medio ambiente	• Es importante enseñar a los alumnos a valorar la diversidad cultural ya que ayuda a generar una cultura de paz • El cuidado del ambiente debería ser parte de nuestra educación desde los primeros años de vida.
La inclusión	• La importancia de promover la integración de todos en un grupo. • Es importante que los alumnos tengan las mismas oportunidades
La autonomía	• La autonomía permite un desarrollo personal de manera integral • La importancia de guiar, pero no sin interferir en su autonomía.
La autoestima	• Como debemos de actuar para generar autoestima en los alumnos • Me llevo las herramientas y también el cómo actuar con ellos para generar una buena autoestima
La empatía	• Empatía, importante para las relaciones sociales respetuosas. • Es importante ponerse en los zapatos del otro para comprenderlo y no juzgar

Resolución de problemas mediante el diálogo	• Es esencial implementar el dialogó para la resolución de problema de forma pacífica • El mejor camino para solucionar y arreglar problemas o errores es el diálogo.
La motivación	• Importante para sobrellevar esta época de pandemia y siempre. • La mejor manera de tener éxito en lo que hacemos es hacerlo motivados

Tabla 3. Respuestas más significativas del conocimiento que se llevan los docentes en cada temática de educación socioemocional.

Discusión

No hemos encontrado muchos estudios o antecedentes previos ya que el problema de la pandemia por COVID-19 aún persiste y son pocos los estudios sistematizados en el ámbito social.

De acuerdo con nuestros resultados, coincidimos con Esther Alvarez (2020) ya que el implementar la educación socioemocional es una necesidad en la actualidad por los cambios que han existido.

La educación socioemocional tiene que ser entendida como un proceso que ha de trabajarse de manera permanente y consciente, el cual es un reto de la formación docente.

Conclusión.

La pandemia ha traído grandes cambios en la educación por lo cual maestros y estudiantes se han tenido que adaptar en la manera de trabajar.

Por una parte, los docentes han tenido que modificar sus planeaciones y adecuarlas dependiendo las necesidades y posibilidades del grupo al que imparte clases, por otra parte, los estudiantes también se han tenido que adaptar a este cambio de modalidad (presencial-virtual) y comprometerse a darle continuidad a su aprendizaje.

Los temas presentados mediante las infografías resultaron de gran relevancia para los docentes de nivel primaria y consideran que es importante abordarlos en la educación, aunque muchos docentes ya tenían noción de algunos temas, otros desconocían las temáticas, es por ello que consideran útil el conocer esta información para poder aplicarla sobre todo en este nuevo cambio de modalidad en la que se puede llegar a sentir desconcierto.

El objetivo general de la investigación e intervención se logró, aunque se pudo utilizar otras herramientas visuales como por ejemplo videos.

Existieron limitaciones en cuanto el tiempo para poder llevar a cabo la investigación y reunir a más docentes para recabar una mayor información del tema, es una investigación a la que se le puede dar continuidad ya que los cambios producidos en por la pandemia en la educación seguirán impactando en el estado emocional de docentes y estudiantes.

Es recomendable que los docentes trabajen y cuiden su estado emocional, sobretodo en estos momentos de pandemia, ya que están muy sobrecargados de actividades, en donde se les juzga y se les exige mucho. Este podría ser un tema nuevo a desarrollar.

Muchos docentes consideran que educar socioemocionalmente a los estudiantes es muy importante, pero no todos los docentes reciben mediante su institución alguna capacitación, información o herramientas adecuadas para trabajar estos temas.

Bibliografía.

Arango, M. y Panesso, K. (20017). La Autoestima: Proceso Humano. *Revista electrónica Psyconex*, 9(14). Recuperado de https://revistas.udea.edu.co/index.php/Psyconex/article/view/328507/20785325

Álvarez, E. (2020). Educación socioemocional. Del enfoque regulatorio, al crecimiento personal y social. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(20), 388-408 Recuperado de: http://ojs.sociologia-alas.org/index.php/CyC/article/view/163/196

Canales, A. y Ugalde, M. (2016). Liderazgo académico, comunicación asertiva y motivación. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 11(2), 45-6. Recuperado de: https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ensayospedagogicos/article/view/9146/10671

Cassinda, M., Gallo, L. y Morales, V. (2017). Características de la expresión emocional en los escolares primarios y su manejo desde la perspectiva del personal docente-educativo. *Revista Electrónica Educare*, 21(1). Recuperado de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582017000100381

Corrales, A.; Quijano, N. y Góngora, E. (2017). Empatía, comunicación asertiva y seguimiento de normas. Un programa para desarrollar habilidades para la vida. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 22(1), 58-65. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/292/29251161005.pdf

Educación 2020 (2020). Educar en tiempos de pandemia. 1-11. Recuperado de: http://educacion2020.cl/wp-content/uploads/2020/05/OrientacionesPedago%CC%81gicas_Parte2_E2020-1-1.pdf

Flores, E. Garcia, M, y Calsina, W. (2016). Las habilidades sociales y la comunicación interpersonal de los estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. *Scielo*, 7(2). Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682016000200001

Pedrero, E., Moreno, O. y Moreno P. (2017). Educación para la diversidad cultural y la interculturalidad en el contexto escolar español. *Revista de Ciencias Sociales*. 23(2), 11-26 Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/280/28056733002.pdf

Gómez, O. y Calleja, N. (2016) Regulación Emocional: definición, red monológica y medición. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*. 8(1), 96-117. Recuperado de: https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexinvpsi/mip-2016/mip161g.pdf

Mendoza, R. (2018). Inclusión como política educativa: hacia un sistema educativo único en un México cultural y lingüísticamente diverso. *Revista SCIELO Analytics.* Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2018000100009

Salazar, P. (2016). Educación emocional en la formación docente: Clave para la mejora-escolar. *Ciencia y Sociedad*, 42(1) 104-110. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/870/87050902008.pdf

Pérez, J. (2015). Cultura de paz y resolución de conflictos: La importancia de la mediación en la construcción de un estado de paz. *Ra Ximhai*, 11(1) 109-112. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/461/46139401006.pdf

Sánchez I. y Casal, S. (2016). El desarrollo de la autonomía mediante las técnicas de aprendizaje cooperativo en el aula de l2. *Porta Linguarum.* 179-190. Recuperado de: https://www.ugr.es/~portalin/articulos/PL_numero25/13%20Irene%20Sanchez.pdf

UNAM. (2020). *"Educación y pandemia. Una visión académica".* Instituto de Investigación sobre la Universidad y la Educación. Ciudad de México. Recuperado de: https://www.iisue.unam.mx/investigacion/textos/educacion_pandemia.pdf

UNESCO. (2020). *Promoción del bienestar socioemocional de los niños y jóvenes durante la crisis.* UNESDOC Biblioteca Digital. Recuperado de: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373271_spa?fbclid=IwAR1BBi6CoRKalki-Yi2IpussZMMzzRtHZvIdsyXyPI4D2P92-IKjLWfyOTQ

Valenzuela, J., Muñoz, C. y Peña I. (2015). Motivación escolar: Claves para la formación motivacional de futuros docentes. **Scielo**. 21(1), 352-357. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/pdf/estped/v41n1/art21.pdf

Ventura, J., Caycho, T., Vargas, D. y Flores, G. (2018). Adaptación y validación de la Escala de Tolerancia a la Frustración (ETF) en niños peruanos. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*, 5(2), 23-29. Recuperado de: http://revistapcna.com/sites/default/files/03.pdf

La Educación Socioemocional en Nivel Primaria.

Por:

- Jimenez Urbina Adrian.
- Júarez Castro Jorge Luis.

Asesor:

- Azucena de la Concepcion Ochoa Cervantes.

Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Resumen: Es importante para los docentes y profesionales en el ámbito de la educación prepararse sobre el desenvolvimiento socio-emocional, para tener una buena relación de convivencia, implementando adecuadamente diversos temas emocionales que se ven implicados en la vida cotidiana de sus alumnos y que son expresados mediante la convivencia con el entorno, influenciado así, el desempeño académico y social de los mismos.

El objetivo de la investigación fue evaluar el diseño de materiales digitales con temáticas que abarcan diversas áreas de la educación socioemocional, con el fin de acercar a docentes de educación primaria una mayor cantidad de información y herramientas sobre el tema para abordarlo con sus alumnos en estos tiempos de pandemia ocasionados por la reciente enfermedad infecciosa, conocida como Coronavirus (COVID-19).

La investigación recopiló información a través de encuestas virtuales, acerca del conocimiento previo que los docentes tienen acerca de diversos temas, enfocados a la educación socioemocional para ser aplicados con sus alumnos y la importancia de estos temas en su desenvolvimiento académico y social.

Los resultados fueron recopilados durante el mes de octubre. Participaron 13 docentes, se tuvo un promedio de 6 evaluaciones por infografía, el 90% de ellos consideraron muy interesante los temas y al menos un 85% de ellos tenían conocimientos previos de los mismos.

Palabras clave: Educación socioemocional, Docentes, educación primaria, COVID 19, infografía.

Summary:

It is important for teachers and professionals in the field of education to prepare for social-emotional development, to have a good relationship of coexistence, properly implementing various emotional issues that are involved in the daily life of their students and that are expressed through coexistence with the environment, thus influenced, their academic and social performance.

The objective of the research was to evaluate the design of digital materials with themes that cover various areas of socio-emotional education, in order to bring primary education teachers a greater amount of information and tools on the subject to address it with their students in these times of pandemic caused by the recent infectious disease, known as Coronavirus (COVID-19). The research collected information through virtual surveys, about the previous knowledge that teachers had about various topics, focused on socio-emotional education to be applied with their students and the importance of these topics in their academic and social development.

The results were compiled during the month of October. 13 teachers participated, there was an average of 6 evaluations by infographic, 90% of

them considered the topics very interesting and at least 85% of them had previous knowledge of them.

Keywords: Socio-emotional education, Teachers, primary level, pandemic, infographic.

Introducción.

Con la aparición de la nueva enfermedad nombrada COVID-19, la cual se desarrolló en China a finales del 2019 y se propagó rápidamente alrededor del mundo llegando a principios de marzo a México ha traído consigo una emergencia sanitaria afectando distintos ámbitos sociales, entre ellos el ámbito educativo.

Gabriela de la Cruz Flores expresa que *"la pandemia de COVID-19 implicó múltiples cambios en los hogares, el traslado forzado de las actividades escolares al seno de las dinámicas familiares"* (UNAM, pp. 39).

En México se diseñó el programa Aprende en Casa con la finalidad de darle continuidad a la educación de niñas, niños, adolescentes y jóvenes, estos servicios educativos se otorgaron a través del uso de la televisión y del internet.

Esta estrategia consistió en utilizar canales de televisión públicos para transmitir programas que abordan los contenidos educativos de los distintos grados escolares de educación básica. Janneth Trejo-Quintana (2020) expresa que *"estos canales públicos tienen una cobertura limitada, se pueden sintonizar en poco más de 70 por ciento del territorio nacional, sólo llegan a las principales ciudades del país y su índice de cobertura en cada entidad federativa suele ser muy bajo"* (UNAM, pp. 125)

Durante la educación a distancia los docentes han tenido que modificar contenidos y desarrollar nuevas estrategias, así como actividades adecuadas, las cuales se puedan implementar en el hogar.

A partir de este nuevo cambio que surgió tras la pandemia ocasionada por el virus COVID-19 surge el interés de investigar en el ámbito educativo la importancia que docentes de nivel primaria (pública y privada) del estado Querétaro le dan a la educación socioemocional.

Durante el mes de mayo y junio del presente año se realizó una investigación cualitativa con alcance exploratorio en donde el objetivo principal era conocer la perspectiva de los docentes de nivel primaria del Estado de Querétaro en relación al trabajo socioemocional durante el periodo de educación a distancia, con el fin de elaborar material de apoyo.

Objetivo general.

Evaluar el diseño de materiales digitales con temáticas que abarcan diversas áreas de la educación socioemocional, con el fin de acercar a docentes de educación primaria una mayor cantidad de información y herramientas sobre el tema, para abordarlo con sus alumnos en estos tiempos de pandemia ocasionados por la reciente enfermedad infecciosa Coronavirus (COVID-19).

Objetivos específicos.

- Identificar la valoración de las y los docentes respecto a la información, diseño y funcionalidad de los materiales proporcionados.
- Distinguir los aciertos y errores del material diseñado.
- Reflexionar en torno a las experiencias, dificultades, emociones y aprendizajes vividos durante la pandemia, como procesos de cambio inherentes en el ámbito escolar.

Para Esther Alvarez (2020), *"la educación socioemocional tiene como propósito el reconocimiento de las emociones propias y de los demás, así como la gestión asertiva de las respuestas a partir de una adecuada autorregulación, lo que favorece las relaciones*

sociales e interpersonales, además de la colaboración con otros" (p. 309)

El modelo educativo para la educación básica en México plantea el abordaje de la educación socioemocional, el cual alude al papel que juegan las emociones en el desarrollo de competencias para la vida.

Temáticas de educación socioemocional trabajadas en las infografías.

Expresión emocional: es fundamental para el procesamiento de las experiencias, y para el bienestar de un individuo. Especialmente entendido en el contexto de las emociones «negativas», no expresar las emociones, contenerse, supone no dejar fluir aquello que incomoda y genera dolor (Beteré, Jana, 2020).

Regulación emocional: Puede definirse como gestionar emociones, es decir, ser capaces de influir sobre lo que sentimos para intervenir en la forma, intensidad y el tiempo en el que lo sentimos. La regulación emocional es la capacidad de manejar las emociones de forma apropiada, toda estrategia dirigida a mantener, aumentar o suprimir un estado afectivo en curso (Serrano, 2018).

Comunicación asertiva y escucha activa: Nos referimos a comunicación asertiva al equilibrio en la forma de comunicarse, comunicar las ideas, sentimientos y necesidades, de una forma segura y firme, siendo amable con los demás. Mientras que la escucha activa es la habilidad de escuchar a los demás, no solo lo que dice directamente, sino también, reconocer los sentimientos, ideas o pensamientos que subyacen a lo que se está expresando (Cárdena, 2019).

Reconocimiento y valoración de la diversidad cultural y el medioambiente: Como la diversidad biológica para los organismos vivos, así la diversidad cultural es necesaria para el género humano, porque es fuente de intercambios, innovación y creatividad. En este sentido, constituye el patrimonio común de la humanidad y debe ser reconocida y consolidada en beneficio de las generaciones presentes y futuras (UNESCO, 2001), el medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, de las personas o de la sociedad en su conjunto, es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana (Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y Sustentabilidad, 2020). El reconocer ambos conceptos, más allá de su imagen teórica es fundamental para un desarrollo sostenible y multicultural que beneficiará a las siguientes generaciones fijando un futuro limpio y de paz.

La inclusión: es el proceso de identificar y responder a la diversidad de las necesidades de todos los estudiantes a través de la mayor participación en el aprendizaje, las culturas y las comunidades, y reduciendo la exclusión en la educación (UNESCO, 2019).

La autonomía: Es el conjunto de habilidades que cada persona tiene para hacer sus propias elecciones, tomar sus decisiones y responsabilizarse de las consecuencias de las mismas, tener la capacidad para establecer reglas de conducta para uno mismo y en las relaciones con los demás (López, 2014).

La autoestima: Conocemos por autoestima a todo el conjunto de percepciones, valoraciones y apreciaciones que un individuo tiene respecto a si mismo o a las actividades que realiza, esta se desarrolla a partir de la interacción humana (Naranjo, 2007).

La empatía: Más que "ponerse en los zapatos del otro", la empatía es la capacidad de comprender los sentimientos y emociones de los demás. Es una habilidad indispensable para los seres humanos, teniendo en cuenta que toda la vida transcurre en contextos sociales complejos (López et al., 2013)

Resolución de problemas mediante el diálogo: Siendo esta temática expuesta como una herramienta eficaz y constructiva para entablar una conversación serena y calmada, de esta manera poder solventar cualquier clase de problema que

haya podido surgir entre dos más personas (Tabuenca, 2018)

La motivación: De acuerdo con Santrock (2002), la motivación es "el conjunto de razones por las que las personas se comportan de las formas en que lo hacen. El comportamiento motivado es vigoroso, dirigido y sostenido" (p. 432).

Metodología.

El tipo de investigación es cualitativo con alcance exploratorio.

Población: Docentes voluntarios de nivel primaria, tanto en instituciones públicas y privadas del estado de Querétaro.

Muestra: Como se puede observar en la Tabla 1, se cuenta con 5 hombres y con 8 mujeres, todos docentes, de los cuales 3 laboran en escuelas privadas y 10 en escuelas públicas. El criterio de selección fue por conveniencia pues los participantes accedieron de manera voluntaria a colaborar en la investigación.

Instrumento: Cuestionarios en google forms los cuales contenían 5 preguntas cerradas y 3 abiertas.

- *Grado Escolar en el que enseña:*
- *¿Qué te pareció el tema?*
- *¿Ya tenías conocimiento del tema?*
- *¿Crees que el tema sea funcional en esta época de cuarentena?*
- *¿La información contenida en esta infografía te es funcional para implementarla en tu grupo?*
- *¿La información contenida en esta infografía te es funcional para implementarla en tu grupo?*
- *¿Podrías Implementar las estrategias presentadas en la Infografía? Justifica tu respuesta.*
- *¿Estarías dispuesto a implementar estas estrategias? Justifica brevemente tu respuesta.*

El cuestionario contaba con un apartado para evaluar el formato de los mismos, es decir, gramática y ortografía, colores, uso de imágenes y claridad en la exposición del tema.

Por último, se les solicitó que expresaran de manera concisa los conocimientos adquiridos gracias a los materiales que se compartieron.

Procedimiento: Las actividades que se llevaron a cabo consistieron en el diseño de infografías con información que les pudieran ser útil a los docentes, los temas para las infografías se definieron ya que originalmente en el año 2015 la Secretaría de Educación Pública (SEP) publicó una exposición con la temática "Educación Socioemocional en la Educación Primaria", demostrando la influencia del tema para docentes o líderes educativos, desde 3 distintas perspectivas, dentro de esta investigación se hace mención de diversos temas que nosotros retomamos de dicho material, y de la misma manera, se complementaron con otros gracias a que la experiencia personal actual por la pandemia, ya que esta misma se ve si no afectada, cuasi eliminada por el distanciamiento y la interferencia de una pantalla entre el transmisor y el receptor (docente y alumno).

El procedimiento llevado a cabo consistió en crear un grupo de WhatsApp en donde se agregaron a todos los docentes y por este mismo medio se hicieron llegar las infografías. En el mismo grupo de WhatsApp se les hizo llegar el cuestionario de evaluación correspondiente a cada infografía.

La aplicación se llevó a cabo a partir del 8 de octubre del 2020 y terminó el día 23 del mismo mes, es decir su duración fue de 2 semanas con dos días. A continuación, en la tabla 1 se exponen los datos de las y los participantes de esta investigación.

No.	Sexo	Edad	Años impartiendo clases	Grado al cual imparte clases	Privada y/o pública
1.	Masculino	34 años	6 años	3°	Pública
2.	Femenino	30	8 años	1°	Pública

		años			
3.	Femenino	35 años	11 años	6°	Pública
4.	Femenino	29 años	5 años	1°	Pública
5.	Femenino	27 años	6 años	1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6	Pública
6.	Masculino	48 años	Más de 20 años.	1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6°	Privada
7.	Masculino	43 años	16 años	3°	Privada
8.	Femenino	28 años	2 años	1°	Privada
9.	Femenino	33 años	5 años	3°	Pública
10.	Femenino	37 años	14 años	5° y 6°	Pública
11.	Masculino	-	-	1°, 2°, 3,° 4°, 5° y 6°	Pública
12.	Masculino	-	-	3° y 4°	Pública
13.	Femenino	46 años	Más de 20 años	Directora	Pública

Tabla 1. Datos de la población.

Resultados.

Los resultados recopilados a lo largo de este periodo de tiempo, aproximadamente todo el mes de octubre, han logrado generar un amplio panorama, para nosotros como evaluadores, sobre la visión actual de los docentes en sus aulas y alumnos durante este periodo de pandemia.

Los temas, estaban enfocados a estimular y fortalecer las áreas socio-emocionales de los alumnos, aspectos que influyen directamente en su desempeño académico, todo esto entregado como se ha mencionado, para conocer la relación del docente con los temas y la practicidad de los mismos en el aula.

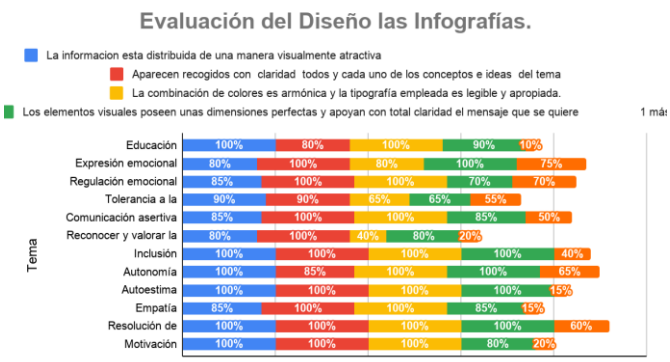
Cabe destacar que de los 13 docentes que apoyaron en las evaluaciones, no todos contestaron todas las evaluaciones a las infografías, teniendo un promedio de 6 evaluaciones por infografía, el 90% de ellos consideraron muy interesante los temas y al menos un 85% de ellos tenían conocimientos previos de los mismos, así como también, no todas eran temáticas útiles en estos tiempos por los que estamos pasando, para implementarse en el aula, el tema "Regulación Emocional" fue el que recibió esta respuesta.

El grupo completo de docentes atendió esta información como un incentivo en el presente próximo para ser aplicada con sus estudiantes a pesar de su poca o nula interacción del tema en el pasado, cabe resaltar que el 100% de los docentes hizo mención constante dentro de la pregunta final de la evaluación "Resume en una oración corta, el conocimiento que te llevas del tema". de todos los conceptos que mencionaron, *integrar, involucrar, posibilidades, promover, facilitar,* son los que más se repitieron y en los cuales se refleja la conciencia profesional, de su carrera y de su propia formación a través de los años, dejando ver una atmósfera lo suficientemente amable para aplicar y trabajar los diversos temas que compartimos con ellos.

En cuanto al diseño de los materiales digitales, se evaluó:

- *La distribución de la información.*
- *Contenido claro y conciso .*
- *La combinación de los colores y tipografía.*
- *La distribución de las imágenes*
- *La adecuada estructura gramatical y ortográfica*.

En la gráfica 1 se puede observar las evaluaciones de los docentes que participaron en cada una de las infografías, cada porcentaje representa la cantidad de docentes que respondieron en cada material diseñado y presentado.



Gráfica 1. Evaluación del Diseño de las Infografias.

Tal como se puede apreciar en la gráfica, un aproximado del 90% de los participantes mencionaron que la información estaba distribuida de una manera visualmente atractiva, de igual forma, cada una de las ideas y conceptos estaban presentados con claridad. Por otro lado, la combinación de colores implementada y la tipografía escogida en cada una de las infografías, así como el material visual que las acompañaba, no tuvo el mismo nivel de satisfacción en cada uno de los docentes, teniendo un aproximado del 85% de satisfacción en esta evaluación. Un punto muy importante es el aspecto gramatical, pues solo un promedio del 40% no apreció errores ortográficos ni de puntuación, aunque se debe señalar que también expresaron confusión en esta pregunta por como estaba redactada.

A continuación, en la tabla 3, se exponen las respuestas libres de los docentes, donde comparten en la evaluaciòn los conocimientos nuevos, adquiridos a lo largo de la lectura de las infografías.

Tema	Respuesta
Educación socioemocional	La educación socioemocional es muy importante, sin embargo, hay que trabajarse en uno mismo, así como en los niños y los adultos, con los padres y los docentes por igual.
Expresión emocional	Las capacidades que se adquieren para lograr la expresión concreta de las emociones, y los agentes educativos con factor fundamental para transmitir y desarrollar estas capacidades.
Regulación emocional	La regulación de las emociones sobre todo en esta pandemia debe tomarse con mucha Importancia, estamos rodeados de personas con diferentes pensamientos, sentimientos. Este es un tema para trabajar tanto con niños como con adultos.
Tolerancia a la frustración	Es parte de la vida todo aquello que no sale como esperabas, pero afrontarlo de la mejor manera te llevará a un desarrollo emocional más sano. Sin embargo el material se quedó corto de información.
Comunicación asertiva y escucha activa	Es parte de la vida todo aquello que no sale como esperabas pero afrontarlo de la mejor manera te llevará a un desarrollo emocional más sano. La asertividad ayuda en la autoestima y empatía para con nuestros pares.
Reconocer y valorar la diversidad cultural y el medioambiente	Es importante enseñar a los alumnos a valorar la diversidad cultural y cuidar el medio ambiente, ya que ayuda a generar cultura de paz y es importante para un bien común.
Inclusión	Involucrar a todos los individuos para el desarrollo de las mismas posibilidades para cada uno.
Autonomía	La autonomía permite un desarrollo personal de manera integral, es importante guiar pero sin interferir en esa autonomía.
Autoestima	La autoestima permite tener más estabilidad emocional. Las herramientas presentadas en la infografía son útiles para trabajarlas con los alumnos.
Empatía	La empatía, el comprender al otro como a ti mismo, es importante para las relaciones sociales.
Resolución de problemas mediante el diálogo	Cualquier emoción es indispensable y el mejor camino para solucionar y arreglar problemas o errores es el diálogo.
Motivación	La mejor manera de tener éxito en lo que hacemos es hacerlo motivados, pues la motivación es esencial en esta época de pandemia y siempre.

Tabla 3. Conocimientos adquiridos sobre el tema.

La educación socioemocional es un tema que los docentes tienen presente en su formación profesional, sin embargo, se hace mención que es un trabajo que involucra tanto con papás como alumnos y ellos mismos.

A pesar de los errores o puntos débiles de los materiales digitales (infografías) se pudo apreciar que se logró transmitir el mensaje de las mismas.

Discusión

El conocer de la *inteligencia emocional* ayuda a potenciar y mejorar la calidad de vida de aquellas personas que apenas están aprendiendo a relacionarse con otras, mediante reglas, limitaciones y nuevos entornos de aprendizaje, ya sean institucionalizados o no.

Daniel Goleman (1996), psicólogo norteamericano, autor del concepto, define la *inteligencia emocional*, como una manera de entender los procesos cognitivos más allá del pensamiento lógico y racional. "*Reconocer emociones y sentimientos es el elemento básico que nos permite relacionarnos con los demás y con nosotros mismos".* Por lo que es de suma importancia trabajar estas habilidades emocionales dentro de las planeaciones para así lograr la capacidad de distinguir las emociones propias y las de sus compañeros, para mejorar la comunicación grupal mediante un estado vivencial sano dentro y fuera del aula.

La distancia entre individuos, en este caso docentes y alumnos actualmente acrecentada gracias a esta pandemia ha generado una barrera en la comunicación, ya que la asertividad que pudiera haber existido ha cesado gracias a las pantallas electrónicas que se interponen entre las personas generando un nuevo significado para las relaciones sociales.

Para poder identificar el peso de este distanciamiento social y la preparación previa o durante este periodo de tiempo, la evaluación de los materiales se abrió con preguntas específicas y personales, de esta manera conectando con el evaluador (docente), preguntas como ¿Qué te pareció el tema?, ¿Ya tenías conocimiento previo del tema?, ¿Crees que el tema sea funcional en esta época de cuarentena? Hablan directamente de la experiencia personal del docente antes y durante esta situación que estamos viviendo, fomentando un compromiso implícito por reflexionar sobre su propio desempeño y su situación actual.

Aunque durante esta investigación se profundizó de manera adecuada en algunos temas, faltó brindar herramientas en algunos otros, e incluso desarrollarlos a profundidad, sin embargo, el conocimiento que se lleva de los mismos cumple adecuadamente con los objetivos de cada una de las infografías.

Conclusiones.

Los objetivos de la investigación se cumplieron, gracias a que se pudo identificar la valoración de las y los docentes respecto a la información, diseño y funcionalidad de los materiales digitales, durante este proceso se distinguieron los aciertos y errores de los mismos.

El tema de educación emocional, además de amplio, es importante trabajarlo en la edad escolar, tanto con los niños como con los papás y los docentes, es importante que se reflexione en torno a las experiencias, emociones y aprendizajes vividos durante este periodo de pandemia, y que se pudo observar durante este proceso de evaluación, gracias a la participación de los docentes. En este trabajo se encontraron varias limitantes para poder trabajar adecuadamente este tema, se considera que se debe de preparar rigurosamente el tema para los docentes, para que este modo sea mucho más sencillo que ellos lo trabajen con sus alumnos en el espacio de clase y fuera de este, para que sea un espacio seguro y abierto a la reflexión y la comprensión.

El superar estas barreras digitales o al menos, aprender a innovar con ellas para conectar mejor con los espectadores y todos los involucrados, es un deber para todos los involucrados en el ámbito de la educación, ya sea en el hogar o en las mismas instituciones; el aprendizaje se basa en la relación con el otro y la carga emocional que se le pueda imprimir a la información, ambas, limitadas por el distanciamiento pero que al mismo tiempo, abre ventanas de oportunidades para reflexionar sobre el significado de la educación y como nosotros, ponentes y futuros profesionales podemos ayudar a un tercero a crecer.

Recomendaciones: se apreció que durante la aplicación del material (infografias) al final, se obtenían menos respuestas por parte de los docentes participantes, por lo que sería adecuado modificar la extensión de los temas y organizarlo de una mejor manera para que el 100% de los participantes están totalmente dispuestos, ya que por el tiempo y diversas obligaciones no todos contestaron a todas las evaluaciones. En cuanto al diseño de las infografías, se considera importante que se desarrollen con tiempo de anticipación, para que se les pueda dar una segunda o tercera revisada, antes de presentársela a los docentes y, de igual forma, modificar la pregunta correspondiente a la estructura gramatical y ortográfica, ya que algunos docentes tuvieron confusión al momento de contestar por cómo estaba estructurada.

Referencias.

- Alvarez, E. (2020). Educación socioemocional. Del enfoque regulatorio, al crecimiento personal y social. Controversias y Concurrencias Latinoamericanas, 11(20), 388-408 Recuperado de: http://ojs.sociologia-alas.org/index.php/CyC/article/view/163/196
- Arango, M. y Panesso, K. (20017). La Autoestima: Proceso Humano. Revista electrónica Psyconex, 9(14). Recuperado de https://revistas.udea.edu.co/index.php/Psyconex/article/view/328507/20785325
- Cárdena, M. (2019). La escucha activa como estrategia para fortalecer la comunicación asertiva entre los estudiantes, Universidad Santo Tomas.
- López, M. & Filippetti, V. & Richaud, M. (2013). Empatía: desde la percepción automática hasta los procesos controlados. Avances en Psicología Latinoamericana. 32 (1) pp 37-51.
- López, F. (2014). La autonomía como capacidad/Concepto de autonomía y dependencia.
- Naranjo, M. (2007). Autoestima: un factor relevante en la vida de la persona y tema esencial en el proceso educativo. Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación".
- Santrock, J. (2002). Psicología de la educación. México: Mc Graw-Hill.
- Serrano, J (2018) Regulación Emocional: El proceso esencial de la Inteligencia Emocional. Área Humana/ Investigación, innovación y experiencia en psicología.
- Tabuenca, E. (2018). Cómo resolver un conflicto mediante el diálogo. Psicología online.
- UNAM. (2020). "Educación y pandemia. Una visión académica". Instituto de Investigación sobre la Universidad y la Educación. Ciudad de México. Recuperado de: https://www.iisue.unam.mx/investigacion/textos/educacion_pandemia.pdf
- SEP (2015). "Educación Socioemocional en la educación básica" Ciudad de México. Recuperado de: Educación Socioemocional en la educación básica (sep.gob.mx)
- Manrique, R. (2015). La cuestión de la inteligencia emocional. Revista Asociación Española Neuropsiq. 35 (128) pp. 181-814. Recuperado de: http://scielo.isciii.es/pdf/neuropsiq/v35n128/original7.pdf

Conciencia histórica y proyección profesional en la niñez[1]

Carolina Pacheco Espinosa[2]

cpe.artedu88@gmail.com

Resumen

Se presentan parte de los resultados de una investigación desarrollada a partir del trabajo con un grupo de niñas y niños de una comunidad rural en el estado de Querétaro, México, cuyo objetivo fue fortalecer la conciencia histórica enfocada desde la educación para la ciudadanía. El propósito particular de esta ponencia es mostrar el impacto del proyecto educativo en las proyecciones profesionales de los participantes. El trabajo de intervención se llevó a cabo a través de la investigación acción participativa y narrativa. Se pidió a los participantes que enunciaran a qué les gustaría dedicarse cuando fueran adultos. El ejercicio se aplicó antes y después de que identificaron las transformaciones de las prácticas sociales de la comunidad para generar un proceso reflexivo a partir de los cuestionamientos: ¿cómo es la comunidad en el presente?, ¿cómo era en el pasado? y ¿cómo podría ser en el futuro? Entre los resultados se destaca el acercamiento hacia las necesidades de la comunidad lo que propició que niños y niñas replantearan sus aspiraciones profesionales, enfocándolas hacia el bienestar de la misma.

Abstract

Part of the results of an investigation developed from the work with a group of children from a rural community in Querétaro, Mexico, whose objective was to strengthen the historical awareness focused from the education for citizenship, are presented. The particular purpose of this presentation is to show the impact of the educational project on the professional projections of the participants. The intervention work was carried out through participatory and narrative action research. Participants were asked to state what they would like to do as adults. The exercise was applied before and after they identified the transformations of the community's social practices to generate a reflective process based on the questions: how is the community nowdays? How is the community usted to be? And how it would be? Among the results, the approach to the needs of the community stands out, which led boys and girls to rethink their professional aspirations, focusing them on the welfare of the same.

Palabras clave: Ciudadanía, infancia, enseñanza de la historia.

Keywords: Citizenship, childhood, teaching history.

Introducción

[1] La ponencia expone una parte de la tesis titulada: *El fomento de la conciencia histórica a través del rescate de la memoria colectiva en niñas y niños de una comunidad del semidesierto del estado de Querétaro.*

[2] Estudiante becada por el CONACYT, egresada de la Maestría en Educación para la Ciudadanía, FSP, UAQ.

El interés por atender los efectos de la modernización y la globalización económica se ha acentuado en las dos últimas décadas de la historia, ante las afectaciones en el ámbito político, económico, ambiental, tanto en el contexto mundial como en los locales. Dicha complejidad "del mundo presente y del futuro conlleva que las personas deben estar equipadas para hacer frente a circunstancias imprevistas. Los factores y los desafíos de más peso obligan a revisar las competencias y aptitudes que se deberán adquirir en el futuro." (Scott, 2015, p. 3)

Ante este panorama, la construcción del futuro es un reto que demanda la acción de todas las fuerzas sociales, dentro de ellas, la educación. La cual juega un papel vital, tanto en el contexto escolar como fuera de él. Se requiere transformar los procesos de enseñanza para propiciar aprendizajes más vinculados con una conciencia social.

La realidad actual demanda la transformación de la educación. Se necesita ir más allá de los contenidos planteados en los programas, para tratar de incidir en los fenómenos sociales.

Las y los estudiantes no son sujetos que deban adquirir conocimientos para acreditar grados de estudio, sino ciudadanas y ciudadanos, aprendiendo y desarrollando las herramientas con las que están construyendo el futuro de la sociedad.

En el contexto europeo, con el fin de hacer notar que la educación juega un papel crucial para el desarrollo de la vida democrática de una nación, el 2005 fue declarado como el año de la educación para la ciudadanía. Desde este enfoque se requiere propiciar una educación ético-cívica que promueva la participación ciudadana y el desarrollo del pensamiento crítico, impulsando una educación que esté conectada con la realidad de los sujetos.

> La educación para la ciudadanía debe ser un factor que sirva para mejorar la convivencia, la cohesión y la integración social. La sociedad, valiéndose de los poderes públicos representativos, debe adoptar medidas que, por medio de la educación, sirvan para prevenir o corregir nuevos y viejos fenómenos que constituyan graves amenazas para la comunidad, como lo son las diversas manifestaciones de violencia: escolar, juvenil, doméstica, de género, en el deporte, en el tráfico, terrorista, sexual o puramente criminal (Mayoral, 2005, p. 16).

La educación para la ciudadanía es un proceso complejo, por lo que no se puede impartir desde modelos tradicionales, ya que no se trata solo de transmitir información, sino de hacer de la escuela un espacio para formar sujetos capaces de conocer y contribuir en la construcción social. Un sujeto capaz de contribuir socialmente, primero debe

> comprender la complejidad creciente de los fenómenos mundiales y dominar el sentimiento de incertidumbre que suscita, en primer lugar debe adquirir un conjunto de conocimientos y luego aprender a relativizar los hechos y a tener espíritu crítico frente a las corrientes de información. (Delors, 1996, p. 51)

La formación de ciudadanos que aporten conscientemente a la construcción del futuro, requiere que desde los contextos educativos, se desarrolle la capacidad para transformar la realidad y para ello se

requiere conocer y tomar conciencia de los fenómenos del entorno.

Para lograr transformar nuestra sociedad en una ciudadanía responsable se requiere de actores capaces de comprender la realidad, de analizarla, así como de reconocer el origen de los problemas y proponer alternativas de solución. Por ello es vital desarrollar en los sujetos la conciencia histórica, la cual puede entenderse como una teoría de creación de sentido histórico, integrado por la sofisticación de la memoria histórica a partir de una perspectiva temporal, en la que el pasado se relaciona con el presente y con el futuro, "permitiendo que un procedimiento mental cree significado para la experiencia del tiempo, mediante la interpretación del pasado, con el fin de entender el presente y sentar expectativas para el futuro" (Cataño, 2011, p. 230).

Al conocer las dinámicas de la realidad, un sujeto desarrolla también la capacidad de encontrar soluciones a dichas afectaciones; de este modo la enseñanza de la historia adquiere el potencial para transformarse en un elemento de apoyo para la construcción social.

La conciencia histórica nos orienta a valorar los cambios y las continuidades en el tiempo, las transformaciones que sucedieron, que suceden en el presente, las que podrían ser, las que desearíamos que fuesen. Por lo tanto, la comprensión del cambio social en el pasado nos muestra las posibilidades del futuro (Santisteban, 2010), desde lo cual se reconoce el potencial de la conciencia histórica para la formación de ciudadanía. Por medio del fomento de la conciencia histórica, se busca desarrollar un modelo de ciudadanía responsable, un concepto que integra elementos vinculados "al compromiso y la responsabilidad social que implica ser ciudadano: participación en la vida pública, compromiso en la construcción de un proyecto común y en la transformación de la realidad social" (Gallardo, 2009, p. 122).

Por otro lado, la estructura que sostiene el proceso de articulación temporal de la conciencia histórica es la narración, una competencia de aprehensión de la realidad desde una dimensión temporal que "puede definirse como la habilidad de la conciencia humana para llevar a cabo procedimientos que den sentido al pasado, haciendo efectiva una orientación temporal en la vida práctica presente por medio del recuerdo de la realidad pasada" (Rusen 1992, en Cataño 2011, p. 235). Esta competencia genera un marco que orienta la praxis humana a través del tiempo, a partir del cual es posible interpretar las transformaciones de la realidad y se genera una correspondencia entre intenciones que guían la experiencia y experiencias que guían las intenciones.

La transformación social requiere del compromiso y la acción colectiva, desde las acciones estructurales, hasta las individuales. Por ello es necesario fomentar desde la infancia la conciencia sobre las decisiones personales y cómo éstas repercuten en el entorno que habitamos.

Integrando los fundamentos de este estudio, se plantea como propósito mostrar la influencia de un proceso educativo de fortalecimiento de la conciencia histórica en un grupo de niñas y niños, como un medio para orientar su proyección profesional y ésta a su vez cómo se vincula con la formación de ciudadanía.

La intención central es identificar si el contacto con la realidad y las necesidades

del entorno, tienen un impacto como parte de una propuesta de formación de una ciudadanía en la infancia.

Metodología

Se implementó un proyecto de intervención durante un ciclo escolar 2018-2019, en una escuela primaria de la comunidad Santa María del Palmar perteneciente al municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, en México. La comunidad cuenta con 2884 habitantes (INEGI, 2010) y se ubica dentro de la región del semidesierto. Se atendió a un grupo de niñas y niños (en adelante NN) que cursaban de tercero a sexto en el turno matutino. El grupo se integró de 24 estudiantes, de los cuales 16 son mujeres y 8 son hombres de entre 7 y 12 años de edad.

Diagnóstico

A partir de la Investigación Acción Participativa y la investigación narrativa, se identificaron las percepciones de NN en pasado, presente y futuro de su comunidad, a partir de los siguientes cuestionamientos: ¿cómo es tu comunidad en el presente?, ¿cómo era en el pasado? y, ¿cómo podría ser en el futuro? Así mismo se captó su proyección personal-profesional a partir de la pregunta ¿A qué te gustaría dedicarte cuando seas adulto?, esto como parte del diagnóstico. NN plasmaron sus ideas de manera escrita.

Intervención

Posteriormente se realizó un proceso de intervención para el fomento de la conciencia histórica de NN. Se les pidió a NN que realizaran entrevistas con adultos mayores de la comunidad para identificar las transformaciones de las prácticas sociales de la comunidad (medio ambiente, salud, educación, trabajo, vivienda, familia, transporte, comunicación, pasatiempos, fiestas y celebraciones, alimentación y vestimenta), para generar un proceso reflexivo a partir de los cuestionamientos: ¿cómo era antes?, ¿cómo es ahora? y ¿cómo me gustaría que fuera en el futuro?

A partir de la información recopilada en el diagnóstico se comenzó la intervención, la cual se desarrolló en tres ejes de análisis y reflexión sobre la comunidad: ¿cómo fue en el pasado?, ¿cómo es en el presente? y ¿cómo queremos que sea en el futuro? Para ello se planteó estudiar las prácticas sociales más significativas para las/los estudiantes y sus transformaciones a lo largo del tiempo. Tomando como base la información proyectada en el diagnóstico, se generó una estructura de trabajo compuesta por 12 temas: medio ambiente, salud, educación, trabajo, vivienda, familia, transporte, comunicación, pasatiempos, fiestas y celebraciones, alimentación y vestimenta. Las y los estudiantes eligieron un tema por equipo, de acuerdo a sus intereses y motivaciones personales.

Pasado

NN realizaron entrevistas a los adultos mayores en sus casas, en las calles y en el campo, para indagar sobre las prácticas que se llevaban a cabo en el pasado, así mismo, se realizó un paseo a uno de los cerros con el cronista de la comunidad, quien les compartió información histórica sobre El Palmar, a partir de la cual las NN conocieron los procesos históricos más importantes que dieron origen a su comunidad, entre ellos los pueblos originarios que habitaron la región, la invasión hispana y la configuración mestiza que existe hasta la actualidad. Posterior a la actividad, las y los estudiantes analizaron la información recopilada de las/los adultos mayores para

generar narrativas sobre cada uno de los temas y su situación en el pasado.

Presente.

Se realizó una visita extra-escolar al planetario y al jardín botánico, como una actividad de contextualización, a partir de la cual, las y los estudiantes dimensionaron la ubicación de su comunidad geográficamente, así mismo reconocieron los elementos que componen el ecosistema de su región: el semidesierto. Para analizar el contexto y las prácticas del presente, las y los niños aplicaron cinco cuestionarios de manera individual, generándose de manera grupal 120 cuestionarios aplicados a la gente de la comunidad. La información recopilada fue sistematizada por la investigadora y devuelta a las y los estudiantes en el salón de clase para que la analizaran y generaran una narrativa en pareja sobre cada tema.

Futuro.

En este eje de la intervención las y los estudiantes socializaron la información de cada equipo con el resto del grupo e integraron la información de las etapas anteriores por medio de un ejercicio de análisis de las prácticas sociales del pasado y del presente, para hacer la proyección hacia el futuro. En cada uno de los temas se les indicó que eligieran de 5 a 10 prácticas que ellos consideraran pertinentes y deseables para el futuro. A partir de este ejercicio, cada uno de los equipos generó una narrativa proyectando sus propuestas en cada uno de los temas.

Además de las narrativas, cada uno de los equipos identificó de 5 a 10 elementos representados en las prácticas sociales que indagaron y lo representaron por medio de dibujos, a partir de los cuales se configuró un mural colectivo, con escenas que representaban a la comunidad en el futuro, integrando elementos del pasado y el presente. El mural se realizó con apoyo de un artista plástico de la comunidad y con la participación de madres de familia, las y los estudiantes del proyecto, así como de otros grados. Para evaluar el impacto del proyecto desde la perspectiva de los estudiantes se aplicaron entrevistas individuales y se realizó la sistematización, análisis e interpretación de la información obtenida en los instrumentos para identificar las aportaciones antes y después de la intervención. El proceso de diagnóstico, intervención y evaluación comprendió la aplicación de instrumentos entre cuestionarios, narrativas y dibujos, así como un total de 90 horas en sesiones de trabajo.

Además NN analizaron la información recopilada y generaron narrativas sobre su comunidad en pasado, presente, además crearon un mural colectivo donde plasmaron la proyección de su comunidad en el futuro.

Evaluación

Como parte de la evaluación se les volvió a preguntar a NN ¿a qué te gustaría dedicarte cuando seas mayor? A partir de lo cual mostraron sus proyecciones profesionales después de transitar el proceso de fortalecimiento de la conciencia histórica sobre su comunidad.

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de los datos recopilados, cabe señalar que en el presente artículo se da énfasis en las transformaciones de las percepciones de NN, en cuanto a sus proyecciones profesionales.

Suj.	Diagnóstico	Intervención
N1	*Estando en la universidad, trabajando en Estados Unidos.*	*Investigar sobre la cultura de nuestro país, porque me importa cómo era antes, como quieren que sea después y porque suena muy interesante. Haciendo murales, pegando cartelones, trabajando con un grupo de niños que pasen por la comunidad a preguntar o decirles que pueden venir a preguntar cómo era antes y como quieren que sea después en el futuro.*
N2	*Yo estaré trabajando de pediatra.*	*Doctora, maestra o de las personas que apoyan a todos pero que tengan una buena causa entre todos, sobre todo a los abuelitos que ya no tienen muchas oportunidades de vida, que ya están en cama y ya no pueden hacer más cosas, brindarles un apoyo y ayudarlos en su salud.*
N3	*Voy a trabajar de chef.*	*En la comida de chef o tener un consultorio de lentes para ayudar a los niños de la comunidad.*
N4	*Trabajando de doctor.*	*Doctor para ayudar a las personas con cáncer o con problemas críticos en la comunidad y podría ayudar a las familias.*
N5	*Estaré trabajando de albañil.*	*De albañil, construyendo talleres para la comunidad.*
N6	*Estaré trabajando en las rutas de los Herrera donde hay como una cueva con estalactitas que forman figuras y en San Joaquín.*	*Ser doctora para ayudar a los enfermos y trabajar en el hospital.*
N7	*Me imagino que trabajaré en un restaurante.*	*De chef, para que la comida lleve menos aceite y que todo sea más saludable.*
N8	*Voy a estar trabajando de fisioterapeuta.*	*En la milpa para que los niños aprendan a cosechar la milpa y en la Universidad porque hay personas que se van muy temprano a estudiar y quiero que haya una universidad aquí.*
N9	*Trabajando en mi casa y con dos hijos, una niña y un niño.*	*De doctora para ayudar a salvar personas de la comunidad.*
N10	*Estaré en la universidad estudiando y estaré viviendo aquí.*	*Arqueóloga, conocer las cosas de antes y los lugares, podría investigar las casas que estaban antes, y hay un lugar donde hay cuevas.*
N11	*Trabajando en la veterinaria y en un restaurante de medio tiempo*	*Ser veterinaria o quisiera estudiar ecología para el medio ambiente.*

Comparando el diagnóstico y la intervención, algunos participantes cambian las respuestas y otros las profundizan, en general en la intervención, las justificaciones a sus respuestas resaltan la ayuda a otros y la búsqueda de un bien común. En particular resalta el N2, que modifica su idea de trabajar en los Estados Unidos, por una respuesta donde se plasma su sentido de pertenencia a su comunidad. A partir de lo cual podemos afirmar que la intervención tuvo un efecto en la valoración de la misma.

En el N2 se conserva su interés por la medicina, pero muestra su deseo de ser doctora para ayudar a los abuelos. En este caso la intervención sensibilizó a la niña, hacia la situación de los adultos mayores. En el caso del N5, justifica su elección por ser albañil para hacer algo en beneficio de la comunidad. El N8 cambia su respuesta por el deseo de recuperar la milpa escolar para que los niños aprendan a cosechar lo cual muestra la valoración y recuperación del pasado, además al reconocer como un problema el que personas de la comunidad tengan que levantarse muy temprano para ir a estudiar, expresa su deseo de que exista una universidad.

A continuación, se presenta una tabla comparativa sobre las respuestas de NN, en el diagnóstico y la intervención, sintetizando las respuestas anteriores:

Tabla 27. Cuando sea grande quiero ser…

DIAGNÓSTICO		INTERVENCIÓN	
Categoría	**Términos empleados por NN (F)**	**Categoría**	**Términos empleados por NN (F)**
Profesiones	Doctor (a) (4) Veterinaria (3) Maestra (2) Chef (1) Actriz (1)	Profesiones y comunidad	Médicos (9) Oculista (1) Profesores (2) Chef (1) Informática (1) **Ecología (1)**
Educación superior	En la universidad (2).	Profesiones e Historia.	*Arqueología (1)* *Investigación histórica (1)*
Oficio	Albañil (1) Policía (2) Mesera (2) Trabajando en las grutas Herrera (1) Constr. computador (1) Hogar (1) Oficina (1)	Oficios y comunidad	Albañil (1) Construcción (1) Carpintero (1) Trabajador en la milpa (1)
Negocio / proyecto	Albergue para perros (1) Farmacia (1)		

Sobre las proyecciones profesionales, en el diagnóstico NN reflejaron su expectativa laboral, a partir de las categorías: Profesión, Educación superior, Oficio, Negocio/proyecto. Ocho estudiantes mencionaron profesiones relacionadas con la salud principalmente, educación y artes escénicas. Dos alumnos mencionaron su interés en la educación superior. En oficios, siete estudiantes mencionaron deseo de desarrollar actividades relacionadas a la construcción, la seguridad y servicios turísticos. Como negocios o proyectos se identificaron cuatro estudiantes que mencionaron actividades de tipo altruista hacia el cuidado animal y negocios sobre la industria farmacéutica.

En la intervención NN proyectan interés en desarrollar profesiones y oficios en beneficio de la comunidad, atendiendo áreas de la salud (médico, oculista), la educación (profesores), la alimentación (Chef), tecnologías sustentables (informática), medio ambiente (ecología) y seguridad, (soldado), así como oficios (albañil y carpintero).

Por otro lado, aparece la inclinación de algunas alumnas para elegir profesiones relacionadas a la investigación y la enseñanza de la historia (arqueología, investigador, profesor de historia, estudio de la historia), sembrándose así la semilla de futuros historiadores.

Cabe señalar que aumenta la mención de doctor en las respuestas de NN, aparecen profesiones de cuidado del medio ambiente como el estudio de la ecología y el trabajo en el campo, además desaparecen las menciones de policía, mesera, actriz, el hogar, la farmacia y el albergue.

Discusión y conclusiones

La proyección profesional de NN, se identifica como una consecuencia del proceso de fomento de la conciencia histórica y aparece en las últimas de las cuatro operaciones mentales que propone Rusen (2007): La orientación de la vida humana por la interpretación histórica y la motivación a actuar tras una orientación adquirida. En este caso la motivación es dirigir su profesión en beneficio de su comunidad y esto se logró a partir de la reflexión que NN realizaron al fortalecer sus conocimientos, sobre el pasado, presente y futuro de la comunidad.

Es posible que las proyecciones que hacen NN sobre sus profesiones no correspondan a lo que en realidad van a desarrollar en el futuro, sin embargo, Macías (et al. 2019) consideran a la infancia como un "periodo de logros concretos en el ámbito vocacional de influencia para la carrera, resultando relevante para el proceso, ya que en esta etapa se conforman las bases de los intereses, actitudes, valores, habilidades vocacionales y la exploración profesional" (p. 14). Como mencionan Ochoa y Diez-Martínez (2011), tanto adolescentes como infantes, toman decisiones o no, que influyen en sus elecciones profesionales, por lo que es necesario invitar a reflexionar en torno a la orientación vocacional desde las prácticas educativas tempranas.

Así mismo, este parte de la investigación demuestra la importancia de, como parte de la formación de ciudadanía, reflexionar en torno a la toma de decisiones individuales y su relación con las necesidades de su entorno. En la investigación se identifica que el reconocimiento de las condiciones de su entorno, motivó a NN, a interesarse en proyectar sus profesiones a partir de sus intereses y deseos personales, en primera instancia, para pasar a considerar su vocación como una manera de contribuir a las mejoras de su entorno.

A partir del proceso realizado, se identifica que cuando un sujeto se involucra con su realidad desde un reconocimiento histórico, es notable la sensibilización provocada en el individuo al reorientar un ejercicio personal, en este caso la profesión, en favor de su comunidad.

El fomento de la conciencia histórica, permite transformar la proyección profesional en NN, dejando la semilla para el florecimiento de una ciudadanía responsable que, de acuerdo con Gallardo (2009), genere el compromiso y la responsabilidad que implica ser ciudadano, colaborar en la vida pública, comprometiéndose en la construcción de un proyecto común y la transformación de la realidad social.

Referencias bibliográficas.

Cataño, C. (2011). Jörn Rusen y la conciencia histórica. *Historia y sociedad*, 223-245.

Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro, Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI*. España: Santillana.

Gallardo, V. (2009). Educación ciudadana y convivencia democrática. *Pedagogía social*, 141-150.

Macías G., G. G., Caldera M., J. F., & Salan B., M. N. (2019). Orientación vocacional en la infancia y

aspiraciones de carrera por género. *Convergencia*, 1-23.

Mayoral, V. (2005). Educación para la ciudadanía. *Revista Iberoamericana de Educación*, 3-41.

Ochoa, C. A., & Diez-Martínez, D. E. (2011). Relación entre la Primera y Segunda Aspiración Ocupacional: ¿Vocación o Educación? *Revista Mexicana de Orientación Educativa*, 51-59.

Pérez, C., y Corona, Y. (2016). Reflexiones acerca de la ciudadanía y la sociedad civil. En Carlos Pérez y Zavala y Yolanda Corona Caraveo(coords.), *Ciudadanías emergentes y nuevos actores sociales*. *Los jóvenes, la cultura política, la resistencia y los movimientos sociales*. México, Arkan pp. 11-34

Rusën, J. (2007). How to make Sense of the Past-Salient Issues of Metahistory. *The Journal of Transdiciplinary Research in Southern Africa*, 169-221.

Santisteban F., A. (2010) La formación de competencias de pensamiento histórico. *Clío & Asociados* (14), 34-56. En Memoria Académica. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4019/pr.4019.pdf

Scott, C.L. 2015. El futuro del aprendizaje 2 ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI? Investigación y Prospectiva en Educación UNESCO, París. [Documentos de Trabajo ERF, No. 14].

Soliz, F.; Maldonado, A. (2016) *Guía de metodologías comunitarias participativas*. España: Clínica Ambiental.

Marcación diferencial de objeto en el español mexicano

Paola Xadani Peña Bolaños
Universidad Autónoma de Querétaro
paoxadani8@gmail.com
Juliana de la Mora Gutiérrez (asesora)
Universidad Autónoma de Querétaro
juliana.delamora@gmail.com

Resumen

La marcación diferencial de objeto (MDO) es un fenómeno presente en numerosas lenguas del mundo, siendo el español una de ellas. Este fenómeno ha sido estudiado en numerosas variedades dialectales a partir de numerosos enfoques. Dichos trabajos previos en encontrado que la animacidad y definitud del objeto determinan la marcación. Diacrónicamente la MDO se ha extendido a lo largo de la historia del español hacia objetos cada vez menos animados y definidos, siendo la variante mexicana aquella presenta un mayor grado de extensión. El objetivo de esta investigación es dar cuenta del comportamiento actual de la MDO en el español de México a partir de un enfoque variacionista. Para ello, se analizaron dieciocho entrevistas del Corpus Sociolingüístico de la Ciudad de México (CSCM) y se consideraron seis variables internas (animacidad, animacidad relativa, definitud, especificidad, número y forma del sustantivo) y tres externas (edad, género y nivel educativo de los informantes). Las tres últimas presentan una innovación metodológica, ya que los factores externos nunca habían sido considerados en el estudio de la MDO. Los resultados de la investigación confirman la alta frecuencia de marcación en el dialecto mexicano, así como el papel de la animacidad: entre mayor sea la animacidad del objeto la probabilidad de marcación se incrementará. En cuanto a las variables externas, se observa un favorecimiento por parte de los hablantes de nivel educativo medio, lo que indica que la MDO continúa extendiéndose en el español mexicano.

Palabras clave: *marcación diferencial de objeto, lingüística variacionista, español de México*

Abstract

Differential Object Marking (DOM), is a linguistic phenomenon found in many languages around the world, being Spanish one of them. DOM has been studied from different perspectives and in different Spanish dialects. Previous studies have shown that animacy and object definiteness, are the two most important factors that determine the variation. Diachronic research has shown that DOM has been expanding to less animate and definite objects, being Mexican Spanish one of the varieties with the biggest extension of this phenomenon. The goal of this research is to account for the uses and extensions of DOM in oral Mexican Spanish with a variationist approach, based on the data taken from eighteen interviews from the Corpus Sociolingüístico de la Ciudad de México (CSCM). Six internal variables (animacy, relative animacy, definiteness, specificity, number and noun type) and three external variables (gender, age and level of education). The use of the external variables is a methodological innovation in the study of DOM. The results confirmed what previous studies and theories have suggested: animate and highly definite objects highly favor the marked forms along with relative animacy. Likewise, a change in the distribution of the factors that constrain the variation is observed, resembling the patterns observed in Argentinian and Peninsular Spanish. Regarding the external factors, results show that education level has a significative effect on DOM, being the middle education level speakers the ones that highly favor the marking. This suggest that DOM in México keeps expanding as scholars have suggested.

Key words: *differential object marking variationist studies, Mexican Spanish*

Introducción

En el español, al igual que en otras lenguas, hay una tendencia por marcar el objeto directo en construcciones verbales transitivas (Aissen, 2003; von Heusinger et al., 2008; Zdrojewski, 2019). En

este caso particular, se utiliza la preposición *a*, como se puede apreciar en el ejemplo (1).

(1) a. Ayer vi a mi hermana.
b. *Ayer vi hermana.

En (1a) la marcación es necesaria y su ausencia en (1b) vuelve agramatical a dicha oración. Sin embargo, en el caso de (2) la marcación no es "requerida" por el OD. No obstante, en el caso de (3a) y (3b) se observa en la misma construcción, la alternancia en la marcación de objeto directo; estos ejemplos ponen en evidencia la existencia de variación en la marcación de objeto directo o, como nos referiremos de aquí en adelante al fenómeno, MDO, en el español.

(2) Anoche vimos una película.

(3) a. Amo mis plantas y tomar agua (Twitter, 2020)

b. Amo a mis plantas!! (Twitter, 2020)

A pesar de que la MDO ha sido muy estudiada en diferentes lenguas, incluso en el español, aún son pocos los estudios que dan cuenta de la frecuencia y la extensión del fenómeno en la actualidad, así como los factores externos (sociales) e internos (lingüísticos) que determinan el uso de una u otra forma.

La presente investigación tiene como objetivo determinar la frecuencia de variación de la MDO en el español de México; así como identificar los factores externos e internos que la determinan.

El fenómeno de la MDO ha sido analizado a partir de diversos enfoques. Uno de los más utilizados es el enfoque semántico. En este, se consideran diversas categorías referenciales, definidas como "categorías lingüísticas que están relacionadas con la naturaleza semántica de una expresión y su forma de referente" (Georg Kaiser & von Heusinger, 2003, p. 43). Dentro de este grupo, se encuentra la animacidad, propiedad léxica; la definitud, propiedad discursiva; la especificidad, propiedad referencial, y el número del sustantivo.

La norma del español estándar indica que los objetos animados específicos, al alejarse del papel temático de PACIENTE o TEMA, disparan la marcación (Flores & Melis, 2007; Georg Kaiser & von Heusinger, 2003). El factor de animacidad ha sido uno de los más estudiados en la literatura.

En esta línea, Aissen (2003), partiendo del análisis de dos de estas propiedades (animacidad y definitud[1]), encuentra que la MDO en español bidimensional. Esto quiere decir que tanto la animacidad como la definitud del objeto son determinantes para que exista o no la marcación. No obstante, observa que es la animacidad la variable que rige la marcación en primera instancia y la definitud sólo resulta importante en los casos de objetos no humanos e inanimados (Aissen, 2003; de Swart & de Hoop, 2011). Esto se debe a que la animacidad es una característica inherente al sustantivo, a diferencia de la definitud y la especificidad, que se marcan a través de determinantes de la frase nominal y del contexto discursivo.

En el español de Latinoamérica, en cambio, se ha observado que la marcación se ha extendido a objetos inanimados, definidos y específicos (Georg Kaiser & von Heusinger, 2003). Una de las principales preguntas es por qué los objetos que no son humanos o animados pueden estar marcados. Della Constanza (2016) menciona que esto se debe a que muchos de los OD son sustantivos que, por metonimia, reciben características humanas.

Como se mencionó anteriormente, los dialectos latinoamericanos presentan MDO en objetos inanimados, definidos y específicos (Georg Kaiser & von Heusinger, 2003). Los autores destacan que el único factor que se mantiene en ambos tipos de marcación y que justamente permite la marcación con objetos indefinidos es el de especificidad (von Heusinger & Kaiser, 2005). Dicha aseveración se confirma con los datos de la investigación en tres dialectos del español de Tippets (2011), donde la especificidad resulta ser un factor significativo para la

[1] En este caso, Aissen conjunta la definitud con la especificidad.

MDO en el español de Buenos Aires y de la Ciudad de México, mientras que en el español de Madrid, no.

El papel de la especificidad en la MDO es analizado por Leonetti (2004) y López (2016). Sobre esto, se encuentra que la marcación tiene una función individualizadora, por lo que lo genérico requiere de la marcación para dejar en claro la restricción de cuantificación genérica. Asimismo, a través de la especificidad, se pueden dividir dos tipos de determinantes con respecto a su relación con la marcación. Los primeros son determinantes cuyo significado implica especificidad y exigen la marcación. Los segundos, en cambio, son determinantes cuyo significado no implica una especificidad que exija la marcación.

Ahora bien, los análisis de la MDO desde una perspectiva pragmático discursiva encuentran que la MDO es un mecanismo para enfatizar la prominencia de ciertos argumentos en el discurso (Della Costanza, 2016; Georg Kaiser & von Heusinger, 2003; Leonetti, 2004).

Con este enfoque, la MDO se puede relacionar otros fenómenos. Revisando las características del caso dativo, Company Company (2002) encuentra que la marcación de acusativo debe su existencia a un proceso de expansión del dativo. Así, la preposición que en dativo indica dirección y, por lo tanto, marca al recipiente de una acción, en el acusativo funge como locativo, marcando así a la entidad que es alcanzada por la acción del verbo.

Asimismo, Flores y Melis (2007), en un estudio diacrónico del leísmo, plantean que la MDO tiene una base cognitiva y refleja la tendencia de los hablantes a ordenar las entidades del mundo de acuerdo con su potencial agentivo inherente. De esta forma, la marcación resalta las entidades que tienen un comportamiento gramatical que se sale de lo esperado.

Dentro de los estudios de la MDO en español, es posible encontrar trabajos con un enfoque fundamentalmente sintáctico. Tal es el caso del trabajo de Sanz (2010), que analiza la marcación de objetos dislocados a la izquierda y topicalizados en el español de México. Sus resultados arrojan que, cuando el orden relativo del sujeto y el objeto no es habitual, aumenta el uso de la marcación; siendo la MDO un recurso para evitar ambigüedad entre sujeto y objeto.

Desde un enfoque variacionista, se ha observado que el español de México presenta una frecuencia mayor de marcación(Mora-Bustos & Lizárraga Navarro, 2010; Tippets, 2010, 2011). En un estudio de la MDO en tres dialectos con muestras de los setentas, Tippets (Tippets, 2010, 2011) encuentra un comportamiento diferente entre la variedad mexicana y las variedades peninsular y argentina. Si bien hay una mayor presencia de objetos marcados, la MDO mantiene la preferencia observada por Aissen (2003), ya que es la animacidad del objeto la característica con mayor peso (Tippets, 2010). De acuerdo con Tippets (2010), los factores que determinan la MDO en el español de México son los siguientes: animacidad de OD, animacidad relativa, especificidad y forma del sustantivo.

Esta característica, no obstante, no se comparte con Argentina y España, dado que en estas variedades es la animacidad relativa (la diferencia del grado de animacidad del sujeto y el objeto) la característica que determina primordialmente la marcación (Tippets, 2010).

Otro estudio de la MDO en México con muestras más recientes es el de Mora-Bustos y Lizárraga Navarro (2011). Al analizar catorce entrevistas del CSCM, se encuentra que la MDO está determinada por la animacidad, definitud, grado de individuación del objeto y características discursivas. Siendo favorecida por objetos humanos, definidos, singulares que son tópicos o focos discursivos.

No obstante, este análisis probabilístico a partir de diversas variables lingüísticas, llama la atención la ausencia de factores sociales que, se ha demostrado, pueden ser relevantes para la variación morfosintáctica (Schwenter, 2011). Es debido a lo anterior que se ha decidido incluir variables extralingüísticas en este estudio.

Metodología

En este apartado se presenta la metodología utilizada para el análisis de la MDO en el español de México. En primer lugar, se presenta el proceso de extracción de datos. Posteriormente, se explicitan los criterios de exclusión. En tercer lugar, se describen las variables analizadas. Finalmente, se describe el proceso de análisis con el software GoldVarbX.

a. Corpus y extracción de datos

Los datos analizados se tomaron de entrevistas sociolingüísticas semidirigidas pertenecientes al Corpus Sociolingüístico de la Ciudad de México (CSCM)[2] (Butragueño & Lastra, 2011). Se seleccionaron 18 entrevistas correspondientes a un cruce de tres variables sociales: 2 géneros x 3 grupos etarios x 3 niveles educativos, teniendo así una entrevista por cada uno de los cruces.

Para la extracción de ejemplos se consideraron todas las oraciones, elicitadas por los informantes, conformadas por un verbo transitivo que tuvieran por objeto directo una frase nominal (4). Además, sólo se seleccionaron las oraciones cuyos verbos presentaran variación; es decir, objetos tanto marcados como no marcados.

(4) tú/ puedes agarrar una sola rama (MJA)[3]

b. Criterios de exclusión

De los ejemplos recopilados, se excluyeron aquellos incompletos o cuyo contexto no fuera suficiente para hacer un correcto etiquetado (5).

(5) primero llevé el coche a unas// (FMA)

También se excluyeron todos los ejemplos con el verbo *tener* por dos motivos. El primero es que las construcciones *tener* + *a* generalmente son precursoras de predicaciones secundarias (Zdrojewski, 2019). El segundo es que la interpretación de posesión inherente a este verbo cancela la interpretación de la variable de definitud (explicada más adelante) (Balasch, 2011; Leonetti, 2004).

Una vez recopilados los datos, se procedió al etiquetado de las oraciones. Para ello, se consideraron seis variables internas (factores lingüísticos) y tres externas (factores sociales). Dichas variables se exponen a continuación.

c. Variables internas

Animacidad de objeto y sujeto

El término animacidad se entiende como una propiedad léxica que representa la capacidad de movimiento de un elemento. Dicho concepto es codificado a partir de la percepción humana, por lo que es el humano el elemento más alto en la escala de animacidad y, conforme un elemento deja de tener movimiento y es menos cercano al hombre, este va bajando en la escala (Yamamoto, 1999). En su estudio de la MDO, Aissen (2003) presenta la siguiente escala:

humano > animado > inanimado

Sin embargo, considerando tanto el complejo esquema de animacidad propuesto por Yamamoto (1999) como los resultados de investigaciones sobre MDO (Della Costanza, 2016; Tippets, 2010) que incluyen una escala más minuciosa, se agregó una categoría. De esta forma, la escala de animacidad para el objeto directo fue la siguiente:

humano > entidades que contienen humanos > animado > inanimado

En el primer escalafón de la categoría, se incluyeron todos los objetos que hicieran referencia a seres humanos (6). La segunda se refiere a entidades inanimadas que, por metonimia, metáfora o antropomorfización (Della Costanza, 2016; Tippets, 2010) son consideradas más cercanas a los hablantes; tal es el caso de ciudades, instituciones educativas o

[2] Este corpus es de carácter gratuito y abierto. Todas las entrevistas que lo conforman se encuentran disponibles en https://lef.colmex.mx/corpus_sociolinguistico.html

[3] Cada ejemplo tomado del CSCM estará etiquetado con tres letras mayúsculas que indican las variables sociales. La primera corresponde al género del hablante (F, femenino; M, masculino). La segunda se refiere al nivel educativo (A, alto; M, medio; B, bajo). La tercera se refiere al grupo etario (J, joven; A, adulto; M, adulto mayor).

de salud, partidos políticos, medios de transporte, etc. (7).

(6) para llevar a M a la escuela/ tenía que dejarlas solitas (MAM)
(7) entonces tú/ centras a la ciudad de México/ en derredor de esas colonias (HAM)

La categoría de animado incluye animales, plantas y órganos del cuerpo, dado el movimiento y energía propios (8). Finalmente, en la categoría de inanimado se recogen todos los elementos que no presentan movimiento (9).

(8) y aquello era una pandorga/ de todo un día/ sacar a la vaca del edificio/ ¿te imaginas? (HAM)
(9) vas poniendo tu yeso en medio a lo largo/ y la vas corriendo/ hasta que vaya quedando esa figura como el barro así parecido (HJB)

Para codificar la animacidad del sujeto, se agregaron dos categorías a la escala propuesta por Aissen (2003), siguiendo lo propuesto por Tippets (2010). Dichas categorías son impersonal e infinitivo, dando lugar a la siguiente escala:

humano > impersonal > animado > infinitivo > inanimado

Las categorías humano, animado e inanimado, se mantienen conforme a lo presentado anteriormente. A continuación, se explican las dos categorías agregadas para la animacidad de sujeto.

La categoría impersonal incluye los casos en los que no es posible identificar al sujeto dentro del contexto comunicativo (10a) y en los que el emisor se refiere a sí mismo como "uno" (10b). Finalmente, en la categoría infinitivo se ubican las construcciones en las que no es posible rastrear al agente de la oración y es el verbo infinitivo el que ocupa el lugar del sujeto (11).

(10) a. tendrá medio año/ o menos/ de medio año// que iban/ llegaron/ iba-/ iban siguiendo a una persona que supuestamente había salido del banco// (HAM)
b. y dicen que con un mal golpe [y todo eso] o sea uno puede llegar a perder la virginidad y [todo] (MJB)
(11) el/ estudiar pediatría es como/ integrar un poquito más a la medicina general/ (HAA)

Animacidad relativa

Una vez etiquetadas la animacidad del sujeto y el objeto directo, se procedió a clasificar la diferencia entre la animacidad de ambos elementos. Esta variable ha mostrado ser un elemento determinante para la MDO (Tippets, 2010). Siguiendo la metodología de Tippets (2010), la animacidad relativa considera tres variantes, presentadas a continuación.

En primer lugar, se encuentran las construcciones en que la animacidad del objeto es mayor que la del sujeto (12). En segundo, se ubica los casos en los que el objeto y el sujeto tienen el mismo grado de animacidad (13). En tercero, se consideran los casos en los que la animacidad del objeto es menor que la del sujeto (14).

(12) la angustia de ver a la hija enferma (HAA)
(13) bajé las escaleras/ pero de rodillas/ porque traté de/ coger a la niña/ que traía en la mano/ y la otra que llevaba en brazos (MMA)
(14) cuando en la cocina de su casa/ de tu casa/ pues/ no comías/ si no tenías gallinas/ (HMA)

Definitud (de objeto)

La definitud es una propiedad discursiva del sustantivo, que se refiere a la idea de individuación de este. Esta categoría, que en muchos casos es considerada en conjunto con la especificidad (Aissen, 2003), es considerada de forma individual en este análisis. Esta categoría es binaria, teniendo así dos variantes: definido e indefinido.

En la variante de lo definido, se encuentran los sustantivos acompañados por artículos definidos, demostrativos o posesivos, así como nombres propios (15). En lo indefinido, en cambio, se encuentran sustantivos con artículos indefinidos y frases nominales simples (16).

(15) tenías que atenderlo/ entonces/ a ese niño (MJA)

(16) en la tarde sobornaron a un médico privado y a una trabajadora social (HAA)

Especificidad (del objeto)

La especificidad es una propiedad no codificada en el sistema de la lengua; esta, en cambio, se infiere pragmáticamente a partir de ciertos elementos discursivos e información tomada del contexto comunicativo. Si bien en la teoría hay diversas propuestas de clasificación para la especificidad (Georg Kaiser & von Heusinger, 2003), en este trabajo se considera la propuesta de Tippets (2010). Así, la especificidad es una categoría binaria en la que un elemento es específico (17) si tiene un referente claro dentro del discurso e inespecífico si no hay un referente existencial único (18).

(17) creo que este/ mi matrimonio [lo he] llevado bien (MMA)
(18) escoge el interventor un estuche/ (HMM)

Forma del sustantivo

Esta categoría se refiere a la forma del sustantivo que constituye la frase nominal. Al igual que las categorías anteriores, esta es binaria y distingue entre sustantivos propios y comunes.

Número del sustantivo

En esta categoría, se clasifican los objetos según el número del sustantivo. Así, tenemos dos variables: singular y plural.

d. Variables externas

Como se mencionó anteriormente, las variables externas consideradas fueron género, edad y nivel educativo. El establecimiento de estas variables se basó en la metodología de elaboración del CSCM, que a su vez sigue los lineamientos del proyecto PRESEEA.

En cuanto al género, se diferenció entre hablantes de género masculino y hablantes de género femenino. Para la edad, se establecieron tres grupos: jóvenes (de 18 a 35 años), adultos (de 35 a 55 años) y adultos mayores (hablantes de 55 años o más).

e. Análisis de resultados

Una vez extraídos los datos, se elaboró una base de datos en Excel. Ahí, se codificaron todos los ejemplos encontrados para las diez variables mencionadas anteriormente. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de regresión con el programa GoldVarbX (Sankoff et al., 2005) para determinar los factores que resultan significativos para la MDO.

En total, se realizaron dos corridas de análisis de regresión. La primera consideró la escala de animacidad tal y como se presentó anteriormente. Sin embargo, dado que algunas de las variantes contaban con una cantidad muy pequeña de tokens, la categoría de animacidad no resultaba significativa. Debido a lo anterior, se procedió a colapsar las variantes, dejando dos categorías: humano (humano y animado) e inanimado (entidades que contienen humanos e inanimado).

Resultados

Los resultados indican que la MDO tiene una alta frecuencia en el español de México. Como se puede observar en la Tabla 1, el 40.6% de los tokens presentó marcación, frente al 59.4% de tokens no marcados.

Tipo de objeto	% (N)
Marcado	40.6% (195)
No marcado	59.4% (285)
Total	480

Tabla 1. Distribución general de la MDO

Ahora bien, un análisis multivariable arrojó que sólo cinco de las diez variables consideradas tienen un efecto significativo para la MDO: animacidad de sujeto, animacidad relativa, animacidad del objeto, nivel educativo y definitud. Dichos datos se observan en la Tabla 2.

Variable	Probabilidad	%marcado	Total N	% de datos
Animacidad S				
Animado	0.959	63.6%	11	2.3%
Impersonal	0.721	26.7%	60	12.5%
Humano	0.556	42.1%	337	70.2%
Infinitivo	0.126	44.4%	54	11.2%
Inanimado	0.029	33.3%	18	3.8%
	Rango: 93			

Animacidad relativa				
OD > S	0.981	90.9%	55	11.5%
OD = S	0.852	86.2%	159	33.1%
OD < S	0.135	3%	266	55.4%
	Rango: 84			
Animacidad OD				
Humano	0.915	92.2%	205	42.7%
Inanimado	0.146	2.2%	275	57.3%
	Rango: 77			
Nivel educativo				
Medio	0.791	45.8%	168	35%
Alto	0.329	41.4%	162	33.8%
Bajo	0.327	34%	150	31.2%
	Rango: 46			
Definitud				
Definido	0.604	49.1%	330	68.8%
Indefinido	0.283	22%	150	31.2%
	Rango: 32			
Log likelihood = -64.587 Significance = 0.092				

Tabla 2. Factores significativos para la MDO

En primer lugar, el factor con mayor peso para la MDO en el español de México es la animacidad del sujeto. Los sujetos animados favorecen altamente la marcación (.959), seguido de las oraciones impersonales (.721). La última variante que favorece la marcación es la de los sujetos humanos, que la favorecen ligeramente (.556). Las construcciones con infinitivo, no obstante, desfavorecen altamente la marcación (.126). Así como los sujetos inanimados, que también la desfavorecen altamente (.029).

En segundo lugar, se encuentra la animacidad relativa. En este caso, son las construcciones donde la animacidad del objeto es mayor que la del sujeto las que favorecen altamente la marcación (.981). Asimismo, en los casos en los que la animacidad del objeto es igual a la del sujeto, la MDO también se favorece altamente (.852). En cuanto a las construcciones en las que la animacidad el objeto es menor a la del sujeto, se desfavorece altamente la marcación (.135).

En tercer lugar, está la animacidad del objeto. En este caso, coincidiendo con los datos de la animacidad relativa, son los objetos humanos los que favorecen altamente la marcación (.915). Mientras que los objetos inanimados la desfavorecen altamente (.146).

En cuarto lugar, se encuentra la única variable externa: el nivel educativo de los hablantes. En este caso es el nivel educativo medio el que favorece la marcación (.791). Los otros dos grupos etarios, no obstante, desfavorecen la marcación e incluso presentan valores muy similares: .329 para el nivel educativo alto y .327 para el nivel educativo bajo. De acuerdo con Díaz-Campos (2014), esto indica un proceso de cambio en la estructura de la lengua, mismo que ya ha sido observado por diversos investigadores (Company Company, 2002; Flores & Melis, 2007).

Finalmente, la última variable que resultó ser significativa para la MDO en el español de México es la definitud del objeto. En este caso, los objetos definidos favorecen la marcación (.604). En cambio, los objetos indefinidos desfavorecen altamente la marcación (.283).

En general, la MDO en el español mexicano presenta un porcentaje considerable de marcación. Dicha distribución concuerda con los encontrado en la comparación interdialectal de la MDO que hace Tippets (2010), en la que el español de México presenta el 34% de objetos marcados. Asimismo, Mora-Bustos y Lizárraga Navarro (2010) reportan un porcentaje de marcación mucho mayor, siendo este del 53%. La diferencia entre la distribución presentada por Mora-Bustos y Lizárraga Navarro y la presentada en esta investigación radica en los criterios de recolección e incluso en las mismas entrevistas elegidas.

Siguiendo la idea de que la variación morfosintáctica sólo está determinada sólo por factores internos, en estudios anteriores sobre la MDO se ha dejado de lado a los factores externos (Mora-Bustos & Lizárraga Navarro, 2010; Tippets, 2010, 2011). No obstante, en esta investigación se decidió incorporar este tipo de factores.

En primer lugar, se habla de la animacidad del objeto. Este factor ha sido atribuido como aquel que determina la MDO en el español (Aissen, 2003; Balasch, 2011; Della Costanza, 2016; Mora-Bustos & Lizárraga Navarro, 2010; Tippets, 2010, 2011). En

esta investigación, la animacidad del objeto también resultó ser significativa.

En este caso es importante mencionar que fue necesario colapsar las variantes. Así, los objetos humanos y animados favorecen la marcación; mientras que los objetos inanimados y las entidades que contienen humanos (relacionadas con los objetos metafóricos) desfavorecen la marcación. Esto último muestra un comportamiento diferente de la marcación al observado por Tippets (2010) y Della Constanza (2016), donde se observa una relación entre la marcación y la metaforización de ciertos objetos inanimados. Además, si bien se ha observado un aumento de la marcación de objetos inanimados (G Kaiser, 2007; von Heusinger & Kaiser, 2005), en el caso de la marcación en el español de México esta marcación no resulta significativa.

En estudios anteriores la animacidad del sujeto sólo había sido considerado para determinar el valor de la animacidad relativa, mas no se incluía en el análisis multivariable (Tippets, 2010, 2011; Tippets & Schwenter, 2007). En esta investigación este factor se consideró para el análisis multivariable y resultó ser altamente significativa para la MDO. Un alto grado de animacidad del sujeto favorecerá que se marque el objeto directo. Esto llama la atención porque, al observar el comportamiento de la animacidad relativa, lo que favorece la marcación es que la animacidad del objeto sea mayor que la del sujeto. Por tanto, se esperaría que fueran los sujetos con menor animacidad o las construcciones con infinitivo las que favoreciera la marcación.

En cuanto a la animacidad relativa, el hecho de que los casos en los que la animacidad del objeto es mayor favorezca la marcación coincide con la idea de que más que la MDO está relacionada con el papel temático del objeto (Flores & Melis, 2007; Kaiser & Von Heusinger, 2003). De esta forma, entre más animado sea el objeto, más se aleja este del papel de PACIENTE, que le corresponde canónicamente al objeto directo, y se acerca al papel de AGENTE, propio del sujeto de la oración. Esto, además, se relaciona con lo observado anteriormente por Sanz (2011) en el español de México; ya que ella menciona que cuando los objetos son humanos es necesaria la marcación para evitar la ambigüedad entre el sujeto y el objeto.

Finalmente, comparando el comportamiento de la animacidad relativa en el español de México con lo encontrado por Tippets (2010, 2011), que analiza la marcación en el español de los setentas, se puede observar un cambio en el orden de los factores que favorecen la marcación. Recordemos que, en sus estudios, es la animacidad del objeto la categoría con mayor peso para la marcación, mientras que la animacidad relativa quedaba en segundo lugar (Tippets, 2011). No obstante, es evidente que con el pasar de los años, los factores que condicionan la animacidad, si bien no han cambiado, sí han modificado el peso que tienen para la marcación. En este caso, el comportamiento del español actual se asemeja más al comportamiento de los factores internos en el español de España y Argentina, donde la animacidad relativa es el factor más relevante.

Finalmente, la definitud, al igual que la animacidad relativa, es un factor significativo (aunque es el de menor peso) tal y como habían reportado Mora-Bustos y Lizárraga Navarro (2010). la presencia constante de la definitud como un factor determinante para la MDO, coincide la importancia de este factor para la expansión de la marcación en el sistema gramatical del español (Flores & Melis, 2007; von Heusinger & Kaiser, 2005).

Conclusiones

El objetivo de este trabajo era determinar la frecuencia de variación de la MDO en el español de México, así como identificar los factores externos e internos que determinan la marcación. A partir del análisis de datos provenientes de un corpus oral, el CSCM, se encontró que la MDO en el español de México presenta una frecuencia de marcación no muy alta. No obstante, se observa un aumento en la aparición de objetos marcados en comparación con el español de México de los setentas (Tippets, 2010);

asimismo, la frecuencia de marcación también es más elevada en comparación con la encontrada en otros dialectos, tales como el argentino y el peninsular.

La MDO en el español de México está determinada por diversos factores, tanto externos como internos. En los externos, el nivel educativo es el único que resulta significativo, siendo el nivel medio el que favorece la marcación. Esto parece indicar que la MDO sigue presentando un cambio en proceso.

Los factores internos presentan un comportamiento similar al encontrado en trabajos variacionistas previos (Mora-Bustos & Lizárraga Navarro, 2010; Tippets, 2010, 2011) y en estudios teóricos (Aissen, 2003; de Swart & de Hoop, 2011; Della Costanza, 2016; Georg Kaiser & von Heusinger, 2003; von Heusinger & Kaiser, 2005). Así, se encuentra que en el español de México se favorece la marcación de objetos animados, definidos y singulares, con una animacidad mayor que la del sujeto de la oración.

Una de las mayores aportaciones de este estudio es la incorporación de factores externos al estudio de la MDO, mismos que, como se mencionó anteriormente, resultan significativos. Además, al hacer un estudio que replica metodologías de estudios anteriores permite comparar el comportamiento del fenómeno tanto a través de diversos dialectos como a través de la historia del español de México.

Es en esto último donde se encuentra un cambio en la distribución de los factores que favorecen la marcación del español de México; ya que se observa un aumento en el peso que tiene la animacidad relativa para la MDO en México frente al español de los setentas estudiado por Tippets (2010, 2011). Además, este cambio también muestra que el comportamiento de la MDO en México en cuanto a factores externos está asemejándose al comportamiento del español de Buenos Aires y de Madrid.

Considerando lo anterior, para investigaciones posteriores sería bueno contar un con un corpus mucho más amplio y con datos más actuales del español. Además, la recolección de los datos podría beneficiarse de cierta metodología utilizada por la lingüística de corpus, ya que la extracción manual no permite un análisis de grandes bases de datos.

Referencias

Aissen, J. (2003). Differential object marking: Iconicity vs. economy. *Natural Language and Linguistic Theory*, *21*(3), 435–483. https://doi.org/10.1023/A:1024109008573

Balasch, S. (2011). Factors Determining Spanish Differential Object Marking within Its Domain of Variation. *Selected Proceedings of the 5th Workshop on Spanish Sociolinguistics, April 2010*, 113–124.

Butragueño, P. M., & Lastra, Y. (2011). *Corpus sociolingüístico de la ciudad de México. Vol. 1: Nivel alto* (1st ed.). El Colegio de México. http://lef.colmex.mx/Sociolinguistica/CSCM/Introduccion a los materiales de la ciudad de Mexico nivel superior.pdf

Company Company, C. (2002). Reanálisis en cadena y gramaticalización: dativos problemáticos en la historia del español. In *Verba: Anuario galego de filoloxia* (Issue 29, pp. 31–69).

de Swart, P., & de Hoop, H. (2011). Semantic aspects of differential object marking. In E. Puig-Waldmüller (Ed.), *Proceedings of Sinn und Bedeutung* (11th ed., pp. 598–611). Universitat Pompeu Fabra.

Della Costanza, M. A. (2016). *La marcación diferencial del objeto (DOM) en español – ¿ Una construcción con varios significados ? April*, 1–186.

Díaz-Campos, M. (2014). *Introducción a la sociolingüística hispánica*. Wiley-Blackwell.

Flores, M., & Melis, C. (2007). El leísmo desde la perspectiva del "marcado diferencial del objetivo." *Revista de Historia de La Lengua Española*, *2*, 83–107.

Kaiser, G. (2007). *Definiteness, Specificity and Animacy in Ibero-Romance Languages*. *122*. https://kops.ub.uni-konstanz.de/xmlui/handle/urn:nbn:de:bsz:352-opus-32751

Kaiser, Georg, & von Heusinger, K. (2003). The

interaction of animacy, definiteness and specificity in Spanish. *ProProceedings of the Workshop "Semantic and Syntactic Aspects of Specificity in Romance Languages"Ceedings of the Workshop "Semantic and Syntactic Aspects of Specificity in Romance Languages," Arbeitspapier 113*, 41–65.

Leonetti, M. (2004). Specificity and differential object marking in Spanish. *Catalan Journal of Linguistics*, 75–114. http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=997003

López, L. (2016). 8. (In)definiteness, specificity, and differential object marking. In S. Fischer & C. Gabriel (Eds.), *Manual of Grammatical Interfaces in Romance* (1st ed., pp. 241–266). De Gruyter. https://doi.org/10.1515/9783110311860-011

Mora-Bustos, A., & Lizárraga Navarro, G. Z. (2010). Variación En La Marcación Diferenciada De Objeto En Español. *Forma y Función*, *23*(1), 09–38.

Sankoff, D., Tagliamonte, S., & Smith, E. (2005). *Goldvarb X: A variable rule application for Macintosh and Windows*. University of Toronto.

Schwenter, S. A. (2011). Variationist Approaches to Spanish Morphosyntax: Internal and External Factors. *The Handbook of Hispanic Sociolinguistics*, 121–147. https://doi.org/10.1002/9781444393446.ch6

Tippets, I. (2010). *Differential object marking in Spanish: A quantitative variationist study*.

Tippets, I. (2011). Differential Object Marking: Quantitative Evidence for Underlying Hierarchical Constraints across Spanish Dialects. *Selected Proceedings of the 13th Hispanic Linguistic Symposium, Leonetti 2004*, 107–117.

Tippets, I., & Schwenter, S. A. (2007). Relative animacy and differential object marking in Spanish. *NWAV 36*.

von Heusinger, K., & Kaiser, G. (2005). The evolution of differential object marking in Spanish. *Workshop ``Specificity And The Evolution / Emergence of Nominal Determination Systems in Romance'', October*, 33–70.

von Heusinger, K., Klein, U., & de Swart, P. (2008). Variation in differential object marking. *Workshop on Case …*, *June*, 1–19. https://doi.org/10.1515/JALL.2009.004

Yamamoto, M. (1999). *Animacy and reference: a cognitive approach to corpus linguistics* (1st ed.). John Benjamins Publishing Company.

Zdrojewski, P. (2019). La marcación diferencial de objetos inanimados. *Palabras En Lluvia Minuciosa*, *May*, 351–371. https://doi.org/10.31819/9783954877560-021

Herramientas digitales para la Educación Sexual Integral en Querétaro.

L.A.V. Ana Patricia Ponce Castañeda
Universidad Autónoma de Querétaro
ap.ponce93@gmail.com

Resumen

En México la educación sexual se encuentra aún en vías de desarrollo. A pesar de los avances realizados en esta materia en la década de los 90 y los 2000, actualmente enfrentamos un rezago y estancamiento respecto a las necesidades de las infancias y juventudes, y los marcos establecidos por organizaciones mundiales como la OMS, la ONU y la UNESCO. La escasa legislación, los grupos ultraconservadores, y los programas y materiales didácticos obsoletos representan una serie de obstáculos para la conformación de una Educación Sexual Integral (ESI) efectiva y oportuna. La presente investigación de enfoque cualitativo aborda la Educación Sexual Integral y la problematización de su implementación y aceptación en el contexto latinoamericano, específicamente en México y Querétaro. El estudio se centró en analizar las necesidades puntuales de las y los estudiantes de 3° grado de primaria de una comunidad estudiantil en la ciudad de Querétaro, con la finalidad de crear un material didáctico digital e interactivo adecuado a su nivel cognitivo y contexto social, para tratar ejes temáticos propios de la ESI como la igualdad de género y el cuidado del cuerpo. Por medio de sesiones extraescolares, vía videoconferencia debido a la contingencia por COVID-19, se llevó a cabo una intervención para observar los efectos de abordar temáticas específicas como la autonomía corporal, el consentimiento y la deconstrucción de los roles de género con las y los estudiantes, por medio del material didáctico digital.

Palabras clave: Educación Sexual Integral, tecnología, material didáctico digital, perspectiva de género, estudios de género.

Summary

In Mexico, sex education is still in process of development. Despite the progress made in this area in the 1990s and 2000, we currently face a lag and stagnation with respect to the needs of children and youth, and the frameworks established by global organizations such as the WHO, UN and UNESCO. The lack of legislation, ultraconservative groups, and obsolete programs and teaching materials, represent a series of obstacles to the formation of effective and timely comprehensive sex education (CSE). This qualitative research addresses comprehensive sex education and the problem of its implementation and acceptance in the Latin American context, specifically in Mexico and Querétaro. The study focused on analyzing the specific needs of 3rd grade students in a student community in the city of Querétaro, with the aim of creating digital and interactive didactic material appropriate to their cognitive level and social context, in order to address thematic areas of CSE such as gender equality and body care. Through extracurricular sessions, via videoconference due to the contingency of COVID-19, an intervention was carried out to observe the effects of addressing specific themes such as corporal autonomy, consent and the deconstruction of gender roles

Key Words: Comprehensive sexuality education, technology, digital learning materials, gender perspective, gender studies.

Introducción

Esta investigación propuso el estudio de las necesidades de los estudiantes de 3° de primaria en materia de Educación Sexual Integral en la ciudad de Querétaro. Específicamente las necesidades relacionadas a la igualdad de género, cuidado del cuerpo y diversidad sexual, adaptadas al nivel cognitivo de las niñas y niños, y presentadas a ellos por medio de una plataforma digital.

La Educación Sexual Integral busca propiciar en las niñas, niños y adolescentes un sano desarrollo de la sexualidad, tanto físico, como emocional y social. Las diversas consecuencias de no contar con una adecuada educación sexual fomentan la desigualdad, discriminación y vulnerabilidad de la infancia y juventud alrededor de mundo. Este proyecto se enfocó en analizar a México y América Latina, ya que esta región comparte una idiosincrasia, historia y situaciones socio-políticas similares, lo cual permitió obtener un panorama de lo que se ha realizado y lo que falta por proponer respecto al tema y los ejes que abordó el proyecto.

La Educación Sexual Integral, se define institucionalmente, para fines de este proyecto, por medio del Programa Nacional de Educación Sexual Integral PNESI de Argentina, (debido a ser una de las pocas leyes específicas de la materia en América Latina) a través de la sanción de ley 26.150 (2006) como:

> Espacio sistemático de enseñanza aprendizaje que promueve saberes y habilidades para la toma de decisiones consientes y críticas en relación con el cuidado del propio cuerpo, las relaciones interpersonales, el ejercicio de la sexualidad y de los derechos de los niños, las niñas y los jóvenes. La ESI comprende contenidos de distintas áreas y/o disciplinas, y considera situaciones de la vida cotidiana del aula y de la escuela, así como sus formas de organización. Así mismo responde a las etapas del desarrollo de las alumnas y de los alumnos y promueve el trabajo articulado con centros de salud, las organizaciones sociales y las familias. (PNESI, 2006)

De manera concreta es el entendimiento de la sexualidad como un factor integral del ser humano, no sólo biológico y físico sino cultural, social, político y psico-emocional. Lo cual indica que el ser humano necesita el aprendizaje de habilidades y conocimientos en todas estas áreas para desarrollar una sana sexualidad. La ESI busca que las niñas, niños y jóvenes aprendan acerca de la sexualidad más allá del esquema anatómico y reproductivo. Su misión es educar desde las bases del conocimiento y cuidado del cuerpo, la igualdad de género, el respeto hacia la diversidad sexual y la valorización de los vínculos sexo-afectivos.

Actualmente en las escuelas de América Latina la educación sexual es de corte exclusivamente biológico y reproductivo en la mayoría de los casos. Como menciona Zemaitis (2016), la educación sexual que prolifera en el sistema educativo latinoamericano presenta la sexualidad como riesgosa, inmoral y meramente biológica. Además, los materiales existentes para impartir la educación sexual se encuentran desactualizados y no fomentan la inclusión. Como explica Torres (2010) los materiales deben estar revisados desde la perspectiva de género y respetando todas las identidades sexuales para aportar a una verdadera ESI.

Se puede diferenciar a la ESI de la educación sexual tradicional con cuatro conceptos clave que se detallan en los programas de capacitación docente del Ministerio de Educación Argentino a través del PNESI. Estos son:

1. La promoción de la salud: Entendida como la búsqueda del bienestar personal y colectivo que involucra un proceso de mejora de las condiciones biológicas, sociales, económicas, culturales, psicológicas, históricas, éticas y espirituales en las que los sujetos se desarrollan.
2. Personas involucradas como sujetos de derechos: La posibilidad de respeto y armonía entre las diversas formas de vivir, amparada por los Derechos Humanos.
3. La especial atención a la complejidad del hecho educativo: La noción de reconocer las particularidades de los entornos donde se pretende implementar la ESI con la finalidad de respetar la gradualidad y progreso de cada situación personal y colectiva para lograr un beneficio.
4. La integralidad del enfoque de la ESI y sus implicancias: Entender a la ESI como un espacio donde se toman en cuenta la identidad, la dignidad, los sentimientos, el contexto, la autonomía y el vínculo con uno mismo y con el otro como una forma de ver y aprender sobre la sexualidad.

Es por eso que la diferencia con la educación sexual tradicional reside en permitir a través de la ESI, la capacidad de aprender y enseñar sobre la sexualidad de una manera inclusiva, completa y circular.

Los inicios del proceso de mejora de la educación sexual moderna se sitúan en la 27° Asamblea por la Salud convocada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), realizada en Ginebra en 1974. Esta asamblea reunió a expertos en sexualidad con el objetivo de determinar la formación necesaria para los profesionales de la salud y otras áreas en la materia (OMS, 2018).

En materia de igualdad de género se observó que, en enero de 2017, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en asociación con el Instituto Nacional de las Mujeres, publicó un estudio sobre políticas de género en México. (OCDE, 2017) En este informe se tratan los avances que ha realizado México en cuestiones de igualdad de género e igualdad de oportunidades para las mujeres en la vida social, educativa y política de México. A pesar de que se muestra progreso también se arrojan datos importantes respecto al rezago aún existente.

Se da a conocer también en el mismo documento que el porcentaje de mujeres en la fuerza laboral de México es del 47% a comparación del 67% promedio de los países incorporados a la OCDE, además más de la mitad de estas mujeres pertenecen al trabajo informal y no cuentan con seguridad social. Otros datos importantes muestran que el 67% de las mujeres mexicanas han sufrido algún tipo de violencia de género, el índice de embarazo adolescente en México es el más alto de los países de la OCDE y que las jóvenes mexicanas son 4 veces más propensas que su contraparte masculina a no tener educación, trabajo ni capacitación.

Por su parte en cuestiones de cuidado del cuerpo se abordan temas como la salud, la higiene, la alimentación y la importancia de la actividad física para gozar de un desarrollo sano y calidad de vida. El cuidado del cuerpo es uno de los temas claves dentro de la ESI al ser la primera instancia donde se desarrolla el respeto hacia uno mismo y hacia el papel que se juega como parte de una sociedad. Como nos explica Vidal (2014) para la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidades para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) implementar la enseñanza de estos temas en el sector educativo es de vital importancia, ya que esto facilita la promoción de estilos de vida saludables entre las niñas, niños y jóvenes independientemente de que no puedan obtener esta educación de su contexto familiar o social. La autora explica también que promover el cuidado del cuerpo genera hábitos saludables para la prevención de enfermedades y un desarrollo social, ético y emocional de las y los estudiantes.

En México es urgente la implementación de la enseñanza alrededor del cuidado del cuerpo de una forma más integral, práctica y propositiva ya que los índices de problemas relacionados son altos.

Es importante mencionar dentro de este apartado que la OCDE cataloga a México en enero de 2019 como el primer lugar en abuso sexual infantil (mencionado también como ASI) con un promedio de 4.5 millones de víctimas al año. (SENADO, 2019) Lo cual grupos activistas definen como una cifra poco realista ya que 1 de cada 10 casos se denuncia, por lo que la cifra real debe ser aún más alta. (Martínez, 2019) Esto está directamente ligado con fortalecer el cuidado y auto-conocimiento del cuerpo para combatir esta cuestión.

A su vez estudios como La Educación Sexual como estrategia de inclusión en la formación integral del adolescente en Colombia (Cárdenas Molina, 2015), Significado de la Educación Sexual en un contexto de diversidad en Venezuela (Molina, Torrivilla, & Sánchez, 2011) y Más allá de la representación visual de la construcción de la identidad de género en los niños y niñas de la ludoteca La Tardor en España (Encalada Triviño, 2015), se adentran en un mundo de posibilidades para abordar el cuidado del cuerpo y sus implicaciones en el mundo a través de la educación.

Los estudios aquí mencionados revelan datos importantes de países hispanos en cuanto a la asimilación de los conocimientos impartidos en materia de educación sexual. Estos datos exponen la poca aplicación del conocimiento por parte de las niñas, niños y jóvenes en su vida, la falta de conexión con el mundo real y la necesidad de un contenido actualizado basado en la inclusión y la perspectiva de género. Muestran un panorama donde la intervención es necesaria para gestionar nuevos métodos de estudio y enseñanza de la sexualidad integral, con la finalidad de generar un cambio positivo en la vida de los estudiantes.

En relación a la diversidad sexual, en el informe mundial de la organización Amnistía Internacional de 2016-2017 (2017), se menciona el rechazo en nuestro país, por parte

del congreso, de los anteproyectos de ley presentados para reformar la constitución y garantizar los derechos civiles y la no discriminación de las personas de la comunidad LGBT+. Esto como parte de las situaciones de violencia que existen en el país, figurando junto a la violencia por narcotráfico y las desapariciones forzadas.

A su vez medios de comunicación dieron a conocer entre mayo y junio de 2017 que México es el segundo país a nivel mundial en asesinatos por orientación sexual; basados en la investigación del psicólogo y docente investigador de la Universidad Autónoma de Coahuila, Benjamín Emanuel Silva Luévanos.

Como reporta Ponce (2017) los datos que Silva Luévanos dio a conocer en una conferencia son alarmantes en cuanto a la situación y provienen directo de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) y otras organizaciones especializadas en el tema. Menciona por ejemplo que de acuerdo a la Comisión Ciudadana contra los Crímenes de Odio por Homofobia (CCCOH), de 1995 a 2014 se han registrado 1,218 homicidios motivados por el prejuicio contra las personas por su orientación sexual o identidad de género. De estos 1,218 casos, 976 eran hombres, 226 trans y 16 mujeres, más del 80% presentaron varios tipos de agresiones físicas antes de ser asesinados.

Durante este informe se tomaron también en cuenta datos de la asociación Transgender Europa y la Comisión Ejecutiva de Atención a Víctimas. Visibilizando que, del 1 de enero del 2008 al 31 de diciembre del 2014, han ocurrido 194 asesinatos de personas trans. Y que seis de cada diez miembros de la comunidad LGBT+ consideran que no hay personal de salud capacitado para atenderlos, no hay servicios suficientes y en el ámbito laboral se han sentido hostigados y discriminados.

Existe toda una lucha alrededor de la implementación de una Educación Sexual Integral en los sistemas educativos; ya que sin esto la niñez y juventud de estos países se encuentra en una posición de vulnerabilidad. La falta de ESI propicia a través del desconocimiento la violencia, la discriminación y la exclusión. Como señalan Márquez, Gutiérrez y Gómez (2017) para lograr una educación inclusiva es necesario que los programas educativos se enfoquen en corregir la discriminación, los estereotipos y la inequidad de género.

Diversos estudios alrededor de América Latina demuestran que la situación de la ESI es similar en los sistemas educativos de esta región. Con sus respectivas variantes culturales y socio-económicas, se puede observar en todos los estudios analizados para este proyecto que se registra desconocimiento de los contenidos, poca aplicación en la práctica por parte de las y los estudiantes y resistencia en general de padres de familia, docentes e instituciones a implementar los modelos necesarios para un aprendizaje inclusivo e integral de la sexualidad.

Durante este proyecto se centró la atención específicamente en las necesidades puntuales de estas temáticas en los y las estudiantes de una escuela de la ciudad de Querétaro. Gracias a la bibliografía revisada se tuvo una pauta de los resultados esperados durante el diagnóstico, pero a su vez se observaron las especificaciones propias de este contexto social, económico y cultural.

Por medio de este proyecto se buscó desarrollar herramientas digitales que contribuyan al aprendizaje y la inserción de la ESI en México, al facilitar el acceso a la información, la sensibilización y el aprendizaje de ésta a través de material didáctico interactivo.

Se trabajó con las siguientes *preguntas de investigación*:

1. ¿Qué necesidades existen en cuanto a la adquisición de conocimientos propios de la Educación Sexual Integral en las niñas y niños de 3° de primaria de la ciudad de Querétaro en materia de igualdad de género, cuidado del cuerpo y diversidad sexual?
2. ¿Qué efectos tiene, sobre el aprendizaje respecto a la ESI, el uso de un material didáctico digital?

Y por lo tanto con los siguientes objetivos:

Objetivos de diagnóstico:

General: Explorar las necesidades de las y los estudiantes de 3° de primaria de la ciudad de Querétaro en materia de información y asimilación de contenidos respecto a igualdad de género, cuidado del cuerpo y diversidad sexual.

Específicos:

- Identificar los conocimientos y actitudes de las y los estudiantes respecto a la igualdad de género y el cuidado del cuerpo.
- Conocer la opinión del colegio y de las docentes respecto a la educación sexual y la ESI.

Objetivos de intervención:

General: Conocer los efectos en el aprendizaje de niñas y niños de 3° de primaria de una institución educativa de la ciudad de Querétaro, acerca de temáticas de la ESI como la igualdad de género y el cuidado del cuerpo, a través de una plataforma digital.

Específicos:

- Diseñar una plataforma digital que contenga información acerca de las temáticas de la ESI como la igualdad de género y el cuidado del cuerpo.
- Implementar la utilización de la plataforma digital con la comunidad escolar seleccionada y monitorear su uso para analizar los efectos que tiene sobre ésta misma.

Justificación

Actualmente América Latina enfrenta un período complicado en cuanto a la falta de educación sexual que cubra las necesidades de la población actual, esto es generador de problemas sociales como altos índices de embarazos adolescentes, deserción escolar por maternidad y paternidad juvenil, abuso sexual infantil, falta de higiene corporal, desconocimiento de métodos anticonceptivos, poca valorización de los vínculos sexo-afectivos, baja autoestima, susceptibilidad a los estereotipos y poca prevención de infecciones de transmisión sexual entre muchas otras. Como comenta Montenegro (2000) los alcances que pueda tener la falta de educación sexual o su incorrecta enseñanza pueden ser difíciles de trazar ya que son múltiples, variados y pueden trascender a diversos aspectos que conforman el bienestar humano.

La Educación Sexual Integral es una propuesta para combatir estas cuestiones a través de una educación impartida en las instituciones escolares, y con apoyo de la familia y el Estado, que promueva desde la perspectiva de género y la búsqueda de la igualdad preparar a las niñas, niños y adolescentes para ejercer su sexualidad de una manera física y socialmente sana.

En mayo de 2019 se anunció y aprobó como parte de la reforma educativa de la nueva administración gubernamental en México, una modificación al artículo 3° constitucional, referente a la educación, que establece que esta deberá ser impartida con perspectiva de género y versando sobre los principios de igualdad y no discriminación. A su vez deberá garantizar la educación sexual en el sistema educativo. (Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, Reforma 2019, art. 3°) Además, de la reforma de 2011 al artículo 1° de la constitución para ir acorde a las estipulaciones internacionales donde se incluye que la discriminación por preferencias sexuales está prohibida y se garantizan los derechos humanos en el territorio nacional. (Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, Reforma 2011, art. 1°)

Torres (2010) menciona que, a través de la Educación Sexual Integral, los niños, niñas y adolescentes tienen acceso a información y conocimiento pensado desde la inclusión y la perspectiva de género. Esto posibilita educar fuera de las normas heteropatriarcales, hegemónicas y binarias que propician el desconocimiento, la discriminación y la segregación mientras el niño, niña y adolescente crece.

La ESI, señala Rodríguez (2004), busca ser el siguiente paso al innovar en torno a la educación sexual impartida en México, precisamente porque los métodos, materiales y conceptos no se encuentran actualizados dentro de los programas escolares.

Por otro lado, los rápidos avances de la tecnología en los últimos años han modificado la forma de educar y enseñar a las niñas, niños y adolescentes, ahora todo es más dinámico y de fácil acceso a través de lo virtual, como explican Pinto y Díaz (2015). Pero, así como estos avances conllevan mejoras también exponen a peligros, por lo cual es importante el entendimiento de la tecnología para usarla con fines didácticos y beneficiosos para los usuarios.

Sánchez, Olmos, García-Peñalvo y Torrecillas (2014) exponen que la implementación de los dispositivos digitales y programas virtuales dentro de las aulas beneficia al alumno ya que adquiere la información de manera lúdica, dinámica y en muchos casos personalizada.

Dicho esto, este proyecto buscó utilizar la tecnología para llevar de manera accesible y personal los conocimientos de la ESI a los niños y niñas de una comunidad estudiantil de la ciudad de Querétaro. Con el fin, desde la perspectiva pedagógica, de poder implementar un precedente para el desarrollo de la ESI en México y por consecuente aportar al descenso de los índices de discriminación, abuso sexual infantil y violencia de género que son en exceso elevados en nuestro país.

Metodología

Tipo de investigación y alcance

La presente investigación fue tipo aplicada pues contempló un proyecto de intervención con el cual fuera posible explorar, describir y explicar las necesidades que tiene la población en cuestión respecto a temas de ESI. El enfoque fue cualitativo pues se contemplaron temáticas sensibles, investigación profunda de sujetos y situaciones en las que influyen contexto social, cultural y económico. Además, contempla un proceso inductivo y una reconstrucción de la realidad que se busca estudiar cómo se menciona en Hernández et al. (2010). Este enfoque tuvo el objetivo de analizar y comprender el estado actual de la educación sexual impartida dentro del ámbito escolar en la ciudad de Querétaro; e identificar la necesidad de conocimiento más prioritaria de las y los estudiantes de 3° de primaria en torno a la igualdad de género, cuidado del cuerpo y diversidad sexual. Esto se logró a través de la indagación con los sujetos de manera personalizada y grupal, escuchar sus inquietudes, necesidades y cuestionamientos en torno al tema, como explican Hennink et al. (2011). Además, se analizó su acceso al conocimiento de este tema dado su contexto social, económico y cultural, tomando en cuenta también la sensibilidad respecto al tema.

El trabajo de campo se realizó dentro de una institución educativa privada de la ciudad de Querétaro y fue de tipo transversal. El estudio fue de corte descriptivo en cuanto al análisis que se realizó de las necesidades de la comunidad educativa antes mencionada en torno a información y educación de los temas mencionados.

Población

Para el proceso diagnóstico:

1. Niñas y niños con las siguientes características:

- Edad entre 8 y 10 años.
- Estudiantes regulares de escuelas particulares de la ciudad de Querétaro.
- Estudiantes de 3° de primaria.

2. Docentes con las siguientes características:

- Docentes de una escuela particular de la ciudad de Querétaro.
- Docentes de los grados 1°, 2°, y 3° de primaria que impartan las materias de Exploración de la naturaleza y la sociedad, Conocimiento del medio, Formación Cívica y Ética, Desarrollo Humano o afines.
- Coordinadoras del área que cumplan con los dos requisitos anteriores dentro de su experiencia docente.

3. Departamento Psicopedagógico:

- Psicóloga responsable del área de primaria menor.

Para el proceso de intervención se convocó a estudiantes de 3° grado de primaria que contaran con los mismos criterios de inclusión que en la fase diagnóstica.

Muestra

Para la selección de la muestra se tomaron en cuenta los criterios de inclusión previamente mencionados.

En relación a los docentes y miembros del departamento psicopedagógico participaron el 100% de la población ya que el tamaño de la misma lo permitía. Es decir, participaron tres docentes, una coordinadora de área y una psicóloga.

En cuanto al proceso de observación, se realizó sobre una muestra de 47 estudiantes de 3° grado de primaria, divididos en dos grupos, uno de 23 y otro de 24.

Esto fue decidido tomando en cuenta factores como el espacio y tiempo otorgado por la institución, la saturación teórica en las respuestas encontradas como se menciona

también en el apartado próximo de recolección y análisis de datos y el reclutamiento de grupos homogéneos para identificar las necesidades respecto a los temas planteado con base en el diseño de Investigación - Acción que explican Hennink et al. (2011). La información que aportaron los sujetos incluidos en la muestra fue de vital relevancia para el diseño del modelo de intervención y a su vez de los prototipos digitales para tal evento.

Para la intervención se lanzó una convocatoria a las y los estudiantes de 3° grado del ciclo escolar 2020-2021 con cupo para 10 participantes. Debido a factores externos como la contingencia sanitaria y el agotamiento virtual de las y los estudiantes, la primera ronda de intervención contó con 3 participantes. Se tiene prevista al menos una ronda más para el primer bimestre del año 2021.

Técnicas e Instrumentos

Para el proceso diagnóstico:

- Entrevista profunda: Se realizó a los participantes adultos de esta investigación y permitió conocer a fondo las inquietudes, necesidades y conocimientos de los sujetos respecto a la igualdad de género, diversidad sexual y cuidado del cuerpo. Se llevó a cabo con una guía semi-estructurada y se grabó audio de la sesión.
- Diario de campo: Permitió conocer dinámicas de interacción, saberes y juicios de las y los estudiantes, estándares grupales y opiniones personales. Además, generó información a partir de las expresiones de cada individuo y la formación que tiene desde su entorno familiar.

Para la fase de intervención:

- Grupo focal: Permitió llevar a cabo la implementación y evaluación del programa digital interactivo. Se realizó un taller de 4 sesiones de 1 hora de duración cada una a través de videoconferencia, de manera extracurricular para las y los estudiantes.

Recolección y Análisis de datos

Se recolectaron los datos de una institución educativa de nivel primaria, de tipo privado de la ciudad de Querétaro. El contacto con los participantes se realizó a través de una red formal (la institución) dentro de los horarios en que los sujetos acuden a ella.

Para el análisis de datos se utilizaron los principios de la teoría fundamentada, específicamente la saturación teórica, además del análisis a través del modelo ecológico de Bronfenbrenner. Este modelo permite el análisis profundo de los espacios y las relaciones que afectan directa, indirecta y estructuralmente al sujeto. Además, se utilizaron el árbol de problemas y la matriz de incidencia.

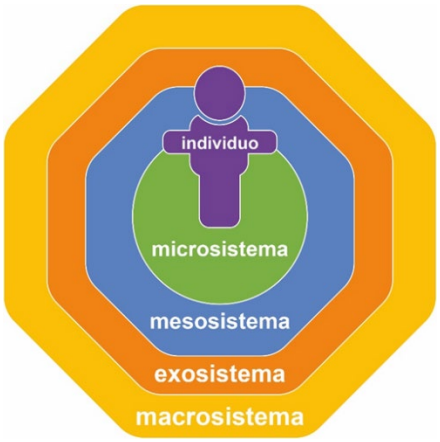


Figura 1: Modelo ecológico de Bronfennbergr. (basado en Gratacós, s.f.)

Ética del proyecto

Apegándose a los 3 principios éticos que se mencionan y explican en Hennink, Hutter y Bailey (2011) se obtuvieron consentimientos firmados para los participantes involucrados, mayores y menores de edad, así como a su vez, se respetó su libre decisión de no participar y la confidencialidad y anonimato de los sujetos.

Se consideró que no habría daño alguno para las y los participantes, en tanto que al usar técnicas narrativas y generar un espacio de confianza fueron eventos sin riesgo. Sin embargo, se contó con el apoyo de un profesional del área psicopedagógica para atender las dudas y eventos que pudieran suscitarse en el proceso de investigación.

Resultados

Intervención

A través del diagnóstico de este proyecto, se logró confirmar la necesidad dentro de la institución educativa, ubicada en la ciudad de Querétaro, específicamente en los grados de 3° de primaria, por tener acceso a información y procesos de enseñanza - aprendizaje en torno a la Educación Sexual Integral. Esta situación existe dentro de todas las escuelas de América Latina, ya que como mencionan Baez y González del Cerro (2015), en la mayoría de países de esta región se aprecia una necesidad por avanzar en las legislaciones y acciones para garantizar la ESI como parte fundamental de la educación. Específicamente en México y centrándonos en la educación básica de nuestro país, Rosales y Salinas (2017) señalan en su investigación las fallas del sistema educativo, las asignaturas y los materiales utilizados para el proceso de aprendizaje de la sexualidad en 4°, 5° y 6° de primaria. Esta investigación recalca que los libros de texto actuales no promueven la inclusión de la diversidad corporal y sexual, no tienen perspectiva de género y en ocasiones contribuyen a perpetuar estereotipos, la heteronormatividad y el biologicismo, así como fallan en brindar herramientas para prevenir el abuso sexual infantil y tienen un claro enfoque adultocentrista. De ahí que la pertinencia de este proyecto se centra en involucrar a las niñas y niños de 3° de primaria, justo dos grados antes de enfrentarse a estas asignaturas y materiales, con un programa adecuado especialmente para ellos y que promuevan los ejes que busca la ESI.

La finalidad del proceso de intervención de este proyecto es brindar a las y los estudiantes, herramientas adicionales a las básicas reglamentadas por el sistema educativo en aras de aportar al sano desarrollo de su sexualidad, centrándonos en el conocimiento del cuerpo y las prácticas en igualdad de género.

Diseño del programa

Para el diseño de personajes y escenarios se utilizó el programa Adobe Illustrator CC 2018. Se diseñaron un total de 4 personajes: *Andrea*, una alumna del colegio, *Daniel*, su hermano y también estudiante y dos monstruos, *Esi* y *Pasi*, cuyos nombres hacen alusión a los conceptos de Educación Sexual Integral y Prevención del Abuso Sexual Infantil. Los escenarios fueron desarrollados a similitud de espacios escolares para generar en los participantes un sentido de pertenencia y familiaridad, sobre todo con la cuestión de la educación desde casa debido al confinamiento.



Figura 2: Captura de pantalla del módulo 2 del programa digital creado.

El primer módulo tiene como objetivo presentar la información respectiva a cuidado, respeto y valor del cuerpo. Se abordan temas referentes a mantener un cuerpo saludable a través de la sana alimentación y horas de sueño suficientes entre otros. Esto sirve de entrada a la noción de valorar el cuerpo, donde se reflexiona sobre como utilizamos las partes del cuerpo en relación a nuestras acciones y a los demás. Por ejemplo, utilizar las manos para saludar, acariciar y crear, acciones constructivas y afectuosas en lugar de perjudiciales como golpear o insultar. Al final de este módulo los participantes realizan un dibujo donde se muestre que acciones llevan a cabo para cuidar y valorar su cuerpo.

El segundo módulo tiene como objetivo presentar la información respectiva a consentimiento, semáforo corporal y respeto hacia los límites corporales personales y de los demás. Comienza con la noción de consentimiento como algo que protege a los y las niñas y que marca los límites corporales de una persona. Se abordan temas relacionados a la sensibilidad del cuerpo y la capacidad de decisión de cada persona sobre en qué partes de su cuerpo le gusta ser tocado, bajo cuales circunstancias y por quien. Posteriormente se aborda el tema del semáforo corporal, donde las partes del cuerpo se dividen en los tres colores característicos del semáforo. El color verde indica las partes visibles y públicas que pueden ser tocadas si se otorga consentimiento. El color amarillo indica las partes

que sólo son visible en algunas ocasiones y el color rojo las partes privadas que sólo son tocadas por uno mismo o por un adulto de confianza cuando es relacionado a cuidar la salud o la higiene, siempre con consentimiento. Se trata también el tema del consentimiento verbal, preguntar a otros antes de tocarlos o acercarnos a ellos y formas de interactuar con los otros si no nos sentimos cómodos con muestras de afecto, como distintas formas de saludar y despedirse. Durante este módulo los participantes iluminan en una hoja con dos siluetas impresas las partes de su cuerpo que corresponden con sus sensaciones y con el semáforo corporal.

El tercer módulo tiene como objetivo presentar la información respectiva a roles de género, derechos y obligaciones de niñas y niños. Se aborda de manera inicial la importancia hacia el respeto por la apariencia y los gustos de los demás. En seguida se trata la temática del valor de niñas y niños por igual y que ambos tienen el derecho a realizar las mismas actividades, así como cumplir con sus obligaciones de manera equitativa. A través de distintas actividades recreativas y obligaciones en casa de los personajes se lleva a cabo esta reflexión. Al final de este módulo los participantes realizan un ejercicio sobre lo que piensan y lo que sienten respecto a distintas situaciones donde se cuestionan los roles de género.

Para la programación del material se utilizó el programa Adobe Flash CS6. Con un sistema de anidación de clips de vídeo y utilización de botones en ActionScript 2.0 se generaron los espacios adecuados para mostrar opciones interactivas y preguntas de reflexión.

Resultados preliminares

La recepción del taller fue favorable en cuanto a dos instancias. La primera, el interés de los participantes por el material didáctico digital y la segunda respecto al beneficio de las temáticas tratadas. Los padres de familia expresaron que el taller fue favorable y les permitió abordar los tópicos de una manera más sencilla con sus hijas e hijos, sobretodo tomando en cuenta la complejidad y la falta de capacitación que ellos mismos experimentan en relación a cómo aterrizar la información dentro de la familia.

Los temas de los cuales los participantes expresaron no haber tenido información proporcionado por madres, padres o docentes son el valor del cuerpo (en una dimensión afectiva) y el concepto de consentimiento. Si bien los participantes tenían conocimiento previo de las partes públicas y privadas del cuerpo, no sabían cómo relacionarlo con el consentimiento. Esto además estaba presente en sus mentes sólo de manera individual, no en relación al consentimiento de las otras personas. Por otro lado, hubo cierta inhibición al tratar el tema de las partes privadas y los nombres correctos de estas.

Conclusión

Como es evidente, aún queda un largo camino por recorrer para lograr una implementación efectiva de la Educación Sexual Integral en México y América Latina. Si bien países como Argentina y Uruguay han logrado legislaciones específicas y algunos otros países como México, Chile, Venezuela, Bolivia y Perú cuentan con importantes reformas, el salto de la teoría a la práctica es bastante complejo y lleno de obstáculos. Aun así, los esfuerzos de la sociedad civil, grupos activistas y educadores, son fundamentales para acercarnos cada vez más a una educación integral, inclusiva, accesible y con perspectiva de género sobre la sexualidad humana. Es a través de diversos recursos como las TIC´s que se busca mejorar el acceso y la asimilación de los contenidos de la ESI, para fomentar infancias y juventudes menos vulnerables y más preparadas ante los retos del mundo actual. Es de vital importancia la continua adaptación y actualización de los materiales didácticos para hacer frente, no sólo a las problemáticas sociales presentes en América Latina, sino, además para fortalecer los procesos educativos ante situaciones como la presente contingencia sanitaria debido a la pandemia por COVID-19 en este año. A su vez, no debemos olvidar que la participación de la familia, la comunidad y el Estado es esencial para lograr asegurar una educación de calidad, oportuna y que promueva un sano desarrollo de la sexualidad en niñas, niños y jóvenes. Es sólo de esta manera, con un esfuerzo conjunto, que será posible proveerles con herramientas útiles y efectivas para un desarrollo integral.

Referencias bibliográficas

Amnistía Internacional. (2017). *Situación de los derechos humanos en el mundo*. Retrieved from https://www.amnesty.org/download/Documents/POL1048002017SPANISH.PDF

Cárdenas Molina, J. E. (2015). La educacion sexual como estrategia de inclusión en la formación integral del adolescente. *Praxis*, *11*(1), 103. https://doi.org/10.21676/23897856.1558

Encalada Triviño, M. F. (2015). *Más allá de la representación visual de la construcción de la identidad de género en los niños y niñas de la ludoteca La Tardor*. 1–32.

Hennink, M., Hutter, I., & Bailey, A. (2011). *Qualitative Research Methods*.

Hernández Sampieri, R., Collado Fernández, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*.

Márquez Domínguez, Y., Guitérrez-Barroso, J., & Gómez-Galdona, N. (2017). Equidad, Género Y Diversidad En Educación. *European Scientific Journal, ESJ*, *13*(7), 300. https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n7p300

Martínez, S. (2019, January 6). La Jornada: México, primer lugar en abuso sexual infantil, según la OCDE. *La Jornada*, p. 8. Retrieved from https://www.jornada.com.mx/2019/01/06/politica/008n1pol

Molina, D. L., Torrivilla, I. R., & Sánchez, Y. G. (2011). Significado de la educación sexual en un contexto de diversidad de Venezuela. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, *9*(1), 415–444.

Montenegro A., H. (2000). Educación sexual de niños y adolescentes. *Revista Médica de Chile*, *128*(6). https://doi.org/10.4067/S0034-98872000000600001

OCDE. (2017). *Construir un México inclusivo. Políticas y buena gobernanza para la igualdad de género*.

OMS. (2018). *La salud sexual y su relación con la salud reproductiva: un enfoque operativo*. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274656/9789243512884-spa.pdf?ua=1%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274656/9789243512884-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pinto, A., & Díaz, J. (2015). *Convivencia escolar en la era de la hiperconectividad*. *6*(1), 149–164.

PNESI. (2006). Programa Nacional de Educación Sexual Integral. Retrieved September 9, 2019, from https://www.argentina.gob.ar/educacion/esi

Ponce, A. (Milenio). (2017). En México, la orientación sexual es “motivo de muerte.” Retrieved September 9, 2019, from https://www.milenio.com/estados/en-mexico-la-orientacion-sexual-es-motivo-de-muerte

Rodríguez, G. (2004). Treinta años de educación sexual en México. *Población, Desarrollo y Salud Sexual Reproductiva*, 13–28.

Sánchez Prieto, J. C., Olmos Migueláñez, S., García-Peñalvo, F. J., & Torrecilla Sánchez, E. M. (2014). Las tabletas digitales en educación formal: Características principales y posibilidades pedagógicas. In *Competencia Digital y Tratamiento de La Información. Aprender En El Siglo XXI. IV Congreso Internacional de Competencias Básicas*.

SENADO. (2019). México, primer lugar en abuso sexual infantil. Retrieved October 14, 2019, from Boletines Senado de la República website: http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/45796-mexico-primer-lugar-en-abuso-sexual-infantil.html

Torres, G. (2010). Cuerpos y sexualidades en la primera versión de la Educación Sexual Integral. *Archivos de Ciencias de La Educación*, *4*(4), 105–118.

Vidal Pastor, N. (2014). *Aprendiendo a cuidar nuestro cuerpo*. Universidad de la Rioja.

Zemaitis, S. (2016). *Pedagogías de la sexualidad. Antecedentes, conceptos e historia en el campo de la educación sexual de la juventud*. 66. Retrieved from http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1218/te.1218.pdf

Nivel de Interpretación de la Ironía y Desarrollo Moral

Autor: Ana Karina Salinas García
(aksalinasg@gmail.com)
Asesora: Dra. Karina Hess Zimmermann
(karina.hess@uaq.mx)
Co-asesora: Dra. Gloria Nélida Avecilla Ramírez
(gloria.avecilla@uaq.mx)
Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

El presente estudio pretende centrarse en la interpretación de la ironía verbal -la forma de lenguaje no literal documentada como la más compleja de desarrollar y que involucra poder identificar la discrepancia entre el significado literal de las palabras y la intención del hablante (Filippova, 2014; Kalbermatten, 2010)- y su relación con el desarrollo moral, ya que en estudios previos sobre el desarrollo de la capacidad para interpretar la ironía se ha reportado que los niños y adolescentes tienden a proporcionar razonamientos morales cuando reflexionan sobre los enunciados irónicos (De León, 2015). De manera adicional se buscó analizar tanto el nivel de interpretación de la ironía como el de desarrollo moral para encontrar diferencias debidas a la edad de los participantes, así como diferencias en el nivel de interpretación de la ironía debido al género de los participantes de un evento irónico. En la investigación participaron 18 niños de 9 años (10 mujeres), así como 19 adolescentes de 15 años (11 mujeres) a quienes se les presentaron diversas historias irónicas con un guion de preguntas para obtener su nivel de interpretación de la ironía, así como un par de dilemas con su respectivo guion de preguntas para obtener el nivel de desarrollo moral. Los resultados preliminares indican diferencias en los niveles de interpretación de la ironía y de desarrollo moral debidas a la edad, así como una diferencia en la interpretación de la ironía debido al género del ironista del evento irónico.

Palabras clave: desarrollo lingüístico tardío, ironía, desarrollo moral, género.

Abstract

The present study aims to focus on the interpretation of verbal irony -the form of non-literal language documented as the most complex to develop and that involves being able to identify the discrepancy between the literal meaning of words and the intention of the speaker (Filippova, 2014; Kalbermatten, 2010)- and its relationship with moral development, since in previous studies on the development of the ability to interpret irony it has been reported that children and adolescents tend to provide moral reasonings when they reflect on ironic statements (De León, 2015). Additionally, the study aimed to analyze both the level of interpretation of irony and of moral development to find differences due to the age of the participants, as well as differences in the level of interpretation of irony due to the gender of the participants of an ironic event. Participants were 18 9-year-old children (10 female) and 19 15-year-old adolescents (10 female) who were presented with a series of ironic stories with a script of questions to obtain their level of interpretation of irony, as well as a couple of dilemmas with their respective script of questions to obtain their level of moral development. Preliminary results indicate a difference in the levels of interpretation of irony and moral development due to age, as well as a difference in interpretation of irony due to the gender of the ironist of the ironic event.

Keywords: later language development, verbal irony, moral development, gender.

Introducción

La ironía forma parte de la vida cotidiana. Entramos en contacto con ella en los medios sociales de comunicación, en medio de un grupo de amigos, en reuniones familiares, hasta en la literatura. La ironía es parte importante para pertenecer a un grupo social o para que nuestra crítica sea aceptada con humor por los interlocutores (Filippova, 2014; Kalbermatten, 2010). Etimológicamente el término "ironía" viene del griego *eironeia*, que significa "disimulación" u "ocultación" y era usado desde la Antigua Grecia cuando Sócrates simulaba ser un ignorante para confundir a sus interlocutores, por lo cual era llamado Eirón (Quintiliano, 1887/Siglo I). Al respecto,

Quintiliano (1887/Siglo I) también menciona que la ironía suele tomarse como lo contrario a lo que expresan las palabras.

Filippova (2014), en otro momento, destaca que toda ironía involucra una discrepancia entre nuestras expectativas y la realidad percibida. La autora considera que con la ironía hacemos referencia a fenómenos verbales o a una serie de eventos o situaciones que suceden en el mundo. Por tanto, es posible identificar dos tipos de ironía: "ironía situacional" e "ironía verbal, discursiva o lingüística" (Attardo, 2000; Filippova, 2014; Giora & Attardo, 2014; Hess, Fernández & Olguin, 2018; Kalbermatten, 2010).

La *ironía situacional* hace referencia a una situación que no ocurre como se esperaba, o que termina en sentido contrario a las expectativas de alguien (Filippova, 2014), como por ejemplo que una estación de bomberos se incendie. Por otro lado, la *ironía verbal*, también llamada lingüística, se caracteriza general y tradicionalmente por la negación, la contradicción u oposición del significado del enunciado expresado (aunque se excluyen algunos casos de ironía verbal donde no existe oposición). Para interpretarla es necesario percibir la incompatibilidad o incongruencia entre dos lecturas o interpretaciones simultáneas: el significado literal de las palabras y el significado intencional del hablante, que puede desencadenarse por ambigüedad situacional o por otros fenómenos lingüísticos y no lingüísticos (Kalbermatten, 2010).

Definir la ironía resulta muy complejo. Sin embargo, en su artículo nodal Attardo (2000) señala que un elemento importante de todo enunciado irónico es su condición de inapropiado. El autor indica que un elemento necesario para que una expresión pueda considerarse irónica es que sea inapropiada para el contexto en su interpretación literal, pero a su vez contextualmente apropiada en una interpretación no literal (irónica). Por tanto, el autor dice que una expresión es irónica si:

- Es contextualmente inapropiada y al mismo tiempo es relevante. Por ejemplo, la expresión "*qué bello día"* emitida en un día lluvioso por alguien a quien no le gustan los días lluviosos, resulta ser una expresión inapropiada puesto que la persona no considera que los días lluviosos sean bellos; sin embargo, también es relevante, ya que el hablante tiene un motivo importante para producir la expresión.
- Es pronunciada intencionalmente y con conocimiento de la inadecuación.
- El hablante tiene la intención de que su audiencia reconozca lo anterior, a menos que el comentario no sea voluntario, lo cual implica que a pesar de que sea un comentario irónico, el hablante no tiene la intención de que así lo sea.

En el presente trabajo de investigación se empleará la definición de ironía de Attardo (2000) antes mencionada.

La ironía verbal está conformada por ciertas características, las cuales permiten identificar un enunciado como irónico. Filippova (2014) menciona algunas de ellas, tales como expresar una actitud, criticar cuando una situación no está a la altura de una expectativa basada en normas y, en algunas ocasiones, el tono irónico de voz. Además, la autora señala que la ironía verbal puede ser expresada mediante diversos tipos de enunciados, entre los que destacan los siguientes (ejemplos retomados de Filippova, 2014):

a. Pregunta irónica: "¿Estás loco?"
b. Subestimación: "Es sólo un derrame menor de petróleo"
c. Exageración o hipérbole: "¡Podría comerme un caballo!
d. Ofrecimiento irónico: "¿Le gustaría que le rompiera otro vaso?"
e. Agradecimiento irónico: "¡Gracias por arruinar mi noche!"
f. Afirmaciones verdaderas marcadas con un tono de voz particular (tono irónico): "¡Si ya sabes cómo es, ¿para que lo invitas?!"
g. Elogio irónico: una expresión negativa transmite un mensaje positivo: "¡Qué mal cantas, ¿eh?!" (cuando la persona canta bien).

En lo que se refiere a la *función* de la ironía verbal, los autores reconocen que por lo general la ironía tiene la función de expresar un juicio evaluativo sobre un

evento/situación, el cual es comúnmente, pero no exclusivamente, negativo (Attardo, 2000). Además, tiene la función social de comunicar la actitud del hablante hacia una persona o una situación, dar una expresión emocional, generar alivio de la incomodidad personal o social, provocar una reacción en otro, captar la atención y controlar la conversación (Filippova, 2014).

Por su parte, Kalbermatten (2010) identifica una serie de atributos que pueden estar presentes en la ironía verbal y que se describen a continuación:

1) Oposición entre el significado literal y el significado pretendido del enunciado, es decir, una discrepancia entre el significado literal de las palabras y la intención real de las mismas.
2) Crítica implícita: generalmente la ironía va asociada a una crítica no directa hacia su objetivo o víctima. También puede implicar, en algunos casos, una actitud negativa, aunque esto no siempre se da, ya que en ocasiones la ironía verbal puede conllevar en sí una carga humorística.
3) Funciones de la ironía: la ironía verbal puede ser reconocida como una estrategia discursiva, una estrategia de evaluación o una herramienta individual de control. A la vez, es un dispositivo social para la cohesión grupal, así como una estrategia para salvaguardar la cara. En ocasiones puede ser empleada por sobre el lenguaje literal para hacer divertido o matizar un insulto y evitar dañar las relaciones con los demás.
4) Conocimiento contextual y supuestos de fondo compartidos por los participantes: se reconocen como necesarios los aspectos lingüísticos, contextuales, situacionales, así como la información personal no sólo para identificar sino también para comprender una expresión como irónica.
5) Marcas lingüísticas: varios autores señalan que los ironistas pueden usar varias señales para indicar la intención irónica, tales como marcas prosódicas, sintácticas, léxicas, morfológicas, tipográficas, contextuales, entre otras.
6) Los ironistas y su objetivo o víctima: siempre ante una expresión irónica hay un hablante con intención de ser irónico y un objetivo o víctima de la emisión irónica.

Yus (2009), expresa que la interpretación de la ironía es posible por la capacidad de la cognición humana de relacionarse con el entorno que le rodea, y de realizar tareas como filtrar información no relevante (orientar los recursos cognitivos hacia la información importante y dejar en un plano no consciente mucha información poco relevante), actualizar la visión general del mundo por medio del lenguaje, meta-representar intenciones y actitudes que subyacen en la comunicación de los interlocutores (puesto que la interpretación del enunciado varía dependiendo de la intención con la que éste se emite), mezclar información nueva que la mente obtiene con la información ya almacenada y seleccionar sólo la información contextual necesaria para sacar conclusiones interesantes y usarla en la interpretación del lenguaje. Por lo anterior, este autor propone que la accesibilidad a la interpretación irónica dependerá de los factores contextuales necesarios para generar el significado irónico.

El uso de la ironía verbal es de suma importancia en el ámbito escolar ya que permite al niño involucrarse con sus compañeros y comprender distintos textos literarios presentados en clase o tener acceso a otros tipos de lenguajes no literales (Milosky, 1994).

Si bien existen diversos estudios sobre cómo los niños y adolescentes interpretan la ironía que han hecho considerables aportes en el campo de la psicolingüística, son muy escasos los estudios en poblaciones hispanoparlantes. El presente estudio, por tanto, pretende ser un aporte más en el área de la psicolingüística al estudiar una población hispanohablante.

Otro tema de interés para la presente investigación que se busca relacionar con la interpretación de la ironía verbal en niños y adolescentes es el razonamiento moral, ya que en estudios previos sobre el desarrollo de la capacidad para interpretar la ironía se ha reportado que los niños y adolescentes tienden a proporcionar razonamientos morales cuando reflexionan sobre los enunciados irónicos (De León, 2015).

Para hablar sobre el desarrollo moral, en un primer momento resulta importante definir el término *moral*. De acuerdo con Delval (2011), la palabra *moral* viene

del latín *mos-moris*, es decir, hace alusión a una costumbre, práctica o uso. El autor explica que la moral se deriva de la moralidad, formada por una serie de normas que regulan si ciertas conductas pueden o no realizarse por los individuos, dependiendo si éstas son buenas o malas.

A lo largo de los años el estudio del desarrollo moral ha traído consigo varios retos y cuestiones que han sido objeto de estudio en este ámbito. Por ejemplo, diversas investigaciones se han planteado preguntas como las siguientes: Dentro de la estructura de la cognición moral, ¿qué debería ser incluido en el desarrollo moral? ¿El desarrollo moral se da de forma simple? ¿Los cambios en la moral son consecuencia de los cambios en la edad? ¿Cuáles son los conceptos generales de moral? ¿Cómo interactúa la moral con la cultura y el contexto? ¿La moral es una función de juicio absoluto o es resultado de factores no racionales (socialización, emoción)? (al respecto véase Nucci, 2004). De igual modo surge la interrogante de cómo es que los niños desarrollan el razonamiento moral. Para ello resulta importante, en un primer momento, retomar a Galotti (2011) para distinguir dos tipos de razonamiento moral: razonamiento formal y razonamiento cotidiano. El primero implica tareas cognitivas de ámbito académico en el que todas las premisas están dadas, los problemas son autónomos, sólo existe una respuesta correcta, se aplica un método de inferencia para solucionar el problema, se resuelve por sí mismo y la solución es inequívoca. Por otro lado, el razonamiento cotidiano se da en el ámbito diario, presenta premisas incompletas, los problemas no son autónomos, puede haber varias respuestas correctas, no hay procedimientos establecidos para solucionar el problema, no hay claridad de si la respuesta actual es la mejor solución, el contenido es de relevancia personal y los problemas a menudo se resuelven como un medio para lograr otros objetivos. Un aspecto del razonamiento cotidiano es el razonamiento sobre dilemas morales, definidos como problemas en los que dos o más principios entran en conflicto. Estos dilemas involucran pensamientos y sentimientos sobre derechos y deberes, virtudes y vicios, y motivos o comportamientos correctos o incorrectos. Por tanto, van relacionados a la conducta, al "qué se debe hacer" (Galotti, 2011).

Por su parte Flavell, Miller & Miller (1993) señalan que, con base en los estudios de Piaget, Kohlberg y otros investigadores, se ha podido ver que los juicios morales en niños son guiados por la justicia, la igualdad y los derechos y que, por tanto, se puede considerar al niño como un individuo autónomo y una unidad moral fundamental. Los primeros estudios sobre el razonamiento moral fueron los de Piaget, quien lo describe como en dos niveles de juicio moral (Nucci, 2004; Delval, 2011). El primer nivel es llamado heterónomo y es caracterizado por el respeto a la autoridad determinado por normas fijas. El segundo nivel, llamado autónomo, está basado en el respeto mutuo y la cooperación. No se imponen las leyes desde el exterior, sino que más bien existe una reciprocidad y justicia. De los trabajos de Piaget se desprende que el progreso moral de los niños va unido a su desarrollo intelectual y a la relación que tienen con otros. Con el tiempo estas relaciones van siendo menos egocéntricas y más cooperativas. Debido a estas relaciones sociales, la moral se va convirtiendo en algo necesario para el individuo y la característica de cooperación supone la empatía, es decir ponerse en el lugar del otro y disminuir el egocentrismo, así como la noción de reciprocidad y justicia (Delval, 2011).

A los estudios de Piaget siguieron los de Kohlberg. Ambos ven el desarrollo moral como un proceso a través de distintos estadios, pero Kohlberg (1992) afirma que los individuos pasamos por una serie de etapas en el desarrollo moral, de ahí que los estudiantes más pequeños suelen pensar en reglas invariables o concretas (relacionado a lo que está estipulado como malo en sí) y en relación a reglas sociales (cómo lo ve la sociedad), mientras que en la adolescencia los individuos ya son capaces de abstraer mejor la moralidad y de considerar dilemas con conceptos más amplios del bien y del mal. Por ello Kohlberg (1992) explica el desarrollo moral en seis estadios, los cuales conforman una secuencia de desarrollo, siguen siempre el mismo orden y suponen que los individuos no pueden saltarse etapas, aunque se pueden detener en algún estadio:

Estadio 1: Evita romper la norma por temor al castigo.
Estadio 2: Sigue las normas por intereses propios.

Estadio 3: Se debe ser bueno puesto que es lo que la sociedad espera.
Estadio 4: Obligación de cumplir las normas acordadas.
Estadio 5: Cumple las leyes que buscan el bienestar social, aunque no todos estén de acuerdo.
Estadio 6: Sigue principios éticos universales. Puede ignorar la ley para actuar según dichos principios.

Si bien varios estudios alrededor del desarrollo moral han tomado como base las investigaciones de Piaget y Kohlberg, otros han criticado sus planteamientos. Por ejemplo, en relación con las etapas del desarrollo moral que propone Kohlberg, Walker (1984) explica que la última etapa es simplemente teórica, ya que carece de evidencia empírica en los estudios longitudinales realizados por Kohlberg (al respecto véase también Nucci, 2004). Por otro lado, Carol Gilligan (1982) argumenta que la teoría de Kohlberg está incompleta debido a que excluye de su análisis a las niñas y mujeres (al respecto véase también Donenberg & Hoffman, 1988; Galotti, 2011 y Walker, 1984); también dice que las ideas de Piaget, Kohlberg y otros ignoran que el razonamiento moral se basa en las relaciones humanas. Bussey y Maughan (1982), por su parte, señalan que la teoría de Kohlberg es problemática debido a que no se aplica a todas las culturas.

En su propuesta nodal sobre el razonamiento moral de las personas, Gilligan (1982) distingue dos voces o formas de hablar sobre temas morales. Encuentra que las mujeres tienen "una voz" diferente a los hombres respecto a los problemas morales. La autora plantea una distinción entre dos modos de pensamiento sobre la moralidad, para enfocarse en un problema de interpretación en lugar de representar una generalización sobre ambos sexos. Para ello se basó en tres estudios principales: uno con universitarios en los primeros años de vida adulta quienes se enfrentaban a una elección de vida, un estudio con mujeres sobre la decisión del aborto y otra investigación sobre derechos y responsabilidades, que incluía hombres y mujeres de edades entre los seis y sesenta años.

De acuerdo con sus hallazgos, Gilligan (1982) explica que las diferencias de género en el razonamiento moral tienen un origen social. Señala que los niños y niñas tienen como cuidadora a una figura femenina en los primeros años de vida y que las niñas se identifican con esta figura por ser del mismo sexo y adoptan este rol de cuidadoras, mientras que los niños se separan de esta figura femenina, no adoptando al igual que las niñas este rol ya que no forman parte del mismo sexo, por lo que la identificación no se da. Por tanto, las niñas emergen con una base de empatía considerable que los niños no desarrollan de la misma manera. La feminidad se define a través del apego con respecto a la madre y la masculinidad a través de la separación de la madre.

Por tanto, de acuerdo con Gilligan (1982) el razonamiento moral de las mujeres se apoya en el apego, que se deriva en una ética del cuidado y de la responsabilidad que se basa en el concepto de equidad, el reconocimiento de las diferencias en la necesidad, así como de una comprensión que da lugar a la compasión y el cuidado (al respecto véase también Donenberg & Hoffman, 1988). El razonamiento social de los hombres, por otro lado, se basa en la separación, de la que resulta una ética de la justicia. Ésta se centra en la comprensión de la equidad y es una manifestación de igual respeto, equilibrando los reclamos de los demás y de uno mismo.

Tras estudiar las construcciones de las mujeres sobre el dilema del aborto, Gilligan (1982) encuentra en sus trabajos que para las mujeres el problema moral se define como una obligación de ejercer cuidado y evitar el daño. El infligir daño se considera egoísta e inmoral, mientras que la expresión de cuidado se ve como el cumplimiento de la responsabilidad moral. El uso reiterativo de las palabras *egoísta* y *responsable* al hablar sobre el conflicto moral y la elección, distingue a las mujeres de los hombres que Kohlberg estudió y apunta hacia una comprensión diferente del desarrollo moral. Derivado de su estudio sobre el dilema del aborto, Gilligan encuentra tres perspectivas desde donde las mujeres realizan un razonamiento moral. Estas tres perspectivas, las cuales tomaremos como niveles en el desarrollo del

razonamiento moral, conforman una secuencia en el desarrollo de la ética del cuidado y son las siguientes:

1) Perspectiva egoísta: se centra en el cuidado de uno mismo para asegurar la supervivencia.
2) Perspectiva de la responsabilidad: consiste en una moral maternal que busca asegurar el cuidado de los dependientes y desiguales. Lo bueno se equipara con el cuidado de los demás.
3) Ética del cuidado: se centra en la dinámica de las relaciones y disipa la tensión entre el egoísmo y la responsabilidad a través de una nueva comprensión de la interconexión entre el otro y el yo. La atención se convierte en el principio de autoevaluación de un juicio que sigue siendo psicológico en su preocupación por las relaciones y la respuesta, pero se vuelve universal en su condena a la explotación y el daño, una diferenciación creciente de uno mismo y del otro y una comprensión creciente de la dinámica de la interacción social. La actividad de cuidado mejora tanto a los demás como a uno mismo.

Con base en todo lo anterior la presente investigación tiene los siguientes tres objetivos:

1. Analizar el nivel de interpretación de la ironía en individuos de 9 y 15 años para encontrar las diferencias debidas a la edad en el mismo.
2. Analizar el nivel de interpretación de la ironía en individuos de 9 y 15 años para encontrar las diferencias debidas al género de los participantes de un evento irónico.
3. Analizar el nivel de desarrollo moral en individuos de 9 y 15 años para encontrar las diferencias debidas a la edad en el mismo

Metodología

La investigación se llevó a cabo con 37 participantes, de los cuales 8 fueron varones de 9 años y 8 varones de 15 años, así como 10 niñas de 9 años y 11 niñas de 15 años, de diferentes escuelas tanto públicas como privadas. Un criterio importante de inclusión que se tomó en cuenta fue que los niños y adolescentes del estudio no debían presentar antecedentes conocidos de problemas de aprendizaje, lenguaje o desarrollo, por lo cual se les aplicó previamente la parte de Lectura de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky-Solís, 2013), adaptada para aplicarse de forma virtual, con el fin de descartar problemas en la comprensión lectora de los participantes. Además, todos los individuos eran nativohablantes del español.

Se entregó un consentimiento informado a los padres de familia donde se les dieron a conocer los objetivos y procedimiento de la investigación. Se les explicó que los datos recabados serían confidenciales y la participación voluntaria.

El instrumento utilizado para evaluar la interpretación de la ironía constó de seis textos escritos (4 historias con final irónico y 2 historias con final no irónico). Las historias fueron presentadas de modo aleatorio en diapositivas de Power Point a los participantes para que fueran leídas y después comentadas. El tiempo de lectura fue libre y con la opción de volver sobre las historias las veces necesarias. Todos los textos irónicos presentaban ironía prototípica, por ser la más fácil de comprender (Hess, et al., 2018) y la más usada en las conversaciones cotidianas (Kalbermatten, 2010). Un ejemplo de historia es el siguiente:

> *Diana y Raquel se inscriben en un concurso de pintura. Empiezan el cuadro y Diana se ofrece a terminarlo. La pintura que pone Diana se escurre y el cuadro queda feo. Raquel dice:*
> *-Qué bien te quedó nuestro cuadro.*

Además, se incluyeron variaciones de género entre los participantes de las historias irónicas (ironista y víctima) como se detalla en la Tabla 1:

Tabla 1 Rol de género de ironista y víctima para las historias irónicas

Historia	Ironista	Víctima
1	Mujer	Mujer
2	Hombre	Hombre
3	Mujer	Hombre
4	Hombre	Mujer

Como parte del instrumento de ironía se aplicó a cada participante un guion de preguntas posterior a la lectura de cada texto, con el fin de indagar en su interpretación del mismo de un modo completo. Algunos ejemplos de preguntas son las siguientes: *¿Qué crees que A quiso decir con Y? ¿Cómo lo sabes? ¿Qué te dio la pista para saberlo? ¿Qué parte del texto te permite decir eso?* Añadiendo en relación al género de los participantes de las historias, se les

hicieron preguntas como: *¿Se vale que A diga eso a B? ¿De qué otra manera se lo podría haber dicho? ¿Se valdría más?*

Por otro lado, el instrumento para evaluar el desarrollo moral consistió en dos dilemas, adaptados de los dilemas usados por Kohlberg (1992). Se eligieron los que se consideraban más apropiados y adecuados para las edades de los individuos de la investigación. De manera adicional, con la finalidad de tomar en cuenta la variable de género, se adaptaron los participantes de la historia. En un dilema los participantes fueron ambos mujeres (hermana-mujer enferma; par de hermanas) y en el otro fueron ambos hombres (hermano-hombre enfermo; par de hermanos). El instrumento se contrabalanceó de manera tal que cada tipo de dilema se aplicó a la mitad de los varones y mujeres de cada edad. De igual modo se contó con un pequeño guion de preguntas adaptadas de la propuesta original de Kohlberg (Kohlberg, 1992). Algunos ejemplos de preguntas son los siguientes: *¿Debería realizar tal acción? ¿Por qué sí o por qué no? ¿Está bien o está mal que realice tal acción? ¿Tiene el deber o la obligación de realizar tal acción? ¿El hecho de decirlo tiene algo que ver con ser un buen hermano? ¿Cuál es la manera más responsable de actuar?*

Es importante señalar que debido a las medidas sanitarias tomadas por el Gobierno Federal con respecto a la pandemia de COVID-19 se aplicaron los instrumentos de forma virtual, de manera individual y en una única sesión. Cada sesión fue grabada para su posterior análisis. Los paquetes con los instrumentos se proyectaron en la pantalla para que los participantes leyeran las historias. Los textos permanecían en la pantalla el tiempo necesario para que los participantes tuvieran oportunidad de volver sobre los textos presentados. El instrumento de ironía se aplicó antes que el de desarrollo moral para evitar la predisposición a respuestas morales si se aplicaba primero el instrumento de desarrollo moral.

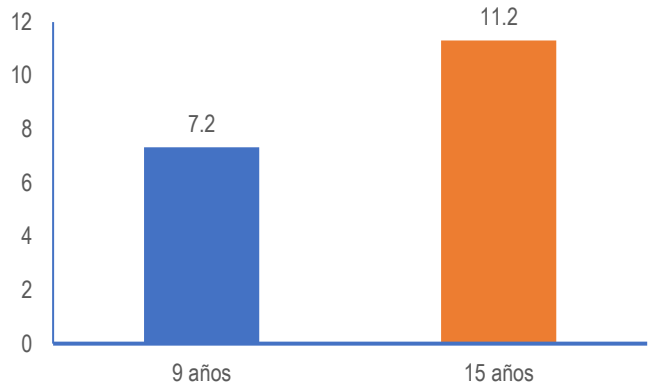
Posterior a las aplicaciones de los instrumentos se llevaron a cabo la transcripción y codificación centrándose en el nivel de interpretación de la ironía con base en los criterios planteados por Hess et al. (2018) y en el nivel de desarrollo moral según los criterios de Kohlberg (1992) y de Gilligan (1982).

Resultados preliminares

Hasta el momento los datos analizados han mostrado diferencias en la interpretación de la ironía, así como en el nivel de desarrollo moral debidas a la edad de los participantes, como se detalla a continuación.

En primer lugar, se realizó un análisis cuyo objetivo era estudiar los aciertos para la interpretación de ironía por grupo de edad, para lo cual se compararon los promedios de dichos grupos (véase Gráfica 1).

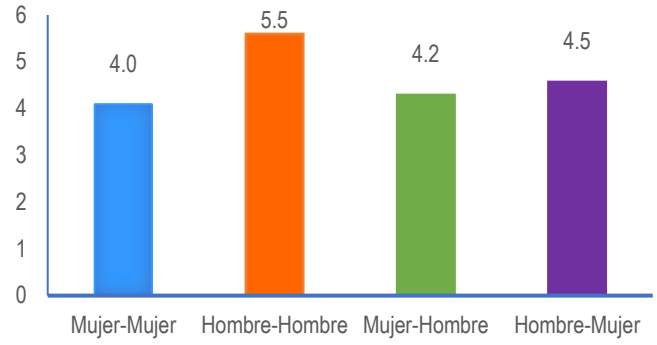
Gráfica 1 Promedio de aciertos por grupo de edad



En la Gráfica 1 se puede observar una diferencia en el nivel de interpretación de la ironía de acuerdo con la edad, puesto que el grupo de 9 años presenta una puntuación promedio de 7.3 aciertos, mientras que en el grupo de 15 años hay un aumento a 11.3.

En un segundo momento se buscó ver si el tipo de historia incidía en la interpretación de la ironía de los participantes de toda la muestra, por lo que se compararon los promedios de aciertos obtenidos para las cuatro historias irónicas. El resultado de este análisis se observa en la Gráfica 2.

Gráfica 2 Promedio de aciertos por tipo de historia para toda la muestra



Se puede observar que la historia en la que participaban dos hombres fue más fácil de interpretar como irónica que la historia en la que tanto el ironista como la víctima eran mujeres. Estos resultados preliminares indican una diferencia en la interpretación de la ironía dependiendo del género del ironista.

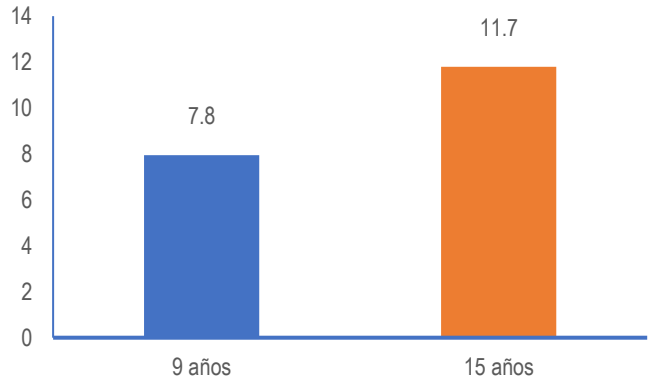
Por otra parte, en un análisis cualitativo preliminar de los datos se observó otro aspecto interesante. En las historias en las que la mujer era la persona que emitía el comentario irónico muchos de los participantes interpretaron el comentario como una mentira piadosa, mientras que cuando el ironista era un hombre tendían a interpretar el enunciado como irónico. Al respecto véanse los siguientes ejemplos:

- *Carmen le dijo eso a Ernesto para animarlo, aunque le salieron mal, porque cuando una persona lo hace mal la otra lo anima para que no se sienta que hizo algo mal cuando practicaron mucho.* [9 años, mujer, historia mujer-hombre]
- *Raquel le dijo eso a Diana porque no quería que se sintiera mal su amiga, o a lo mejor sí le gustó de verdad, tal vez porque si le decía que le quedó mal se iba a sentir mal, tal vez y se llegarían a pelear, y a lo mejor e hizo su esfuerzo. Yo creo que el cuadro sí quedó feo y Raquel le dijo eso para que no se sintiera mal.* [15 años, mujer, historia mujer-mujer].
- *Eduardo le dijo eso a Jaime para que al fin hiciera algo útil, … porque Jaime no hizo nada y según iba para ayudar.* [9 años, mujer, historia hombre-hombre],
- *Santiago le dijo eso a Alejandra porque le quiso decir que le quedó muy mal y feo. Lo sé porque los dos saben que no quedó tan bien y él nada más dijo eso para molestarla un poco, porque ella hizo todo el trabajo y no le quedó bien*. [15 años, mujer, historia hombre-mujer].

Estos datos apoyan el resultado cuantitativo de que el género del participante de un evento irónico incide en la interpretación de un comentario irónico.

Por otro lado, respecto al desarrollo moral, se realizó un análisis preliminar en el que se comparó el puntaje promedio correspondiente al nivel de desarrollo moral entre ambos grupos de edad. Para ello se dio a cada participante un puntaje de acuerdo con el nivel en el que se encontraba con base en las propuestas de Kohlberg (1992) y Gilligan (1982). Por ejemplo, si el participante se encontraba en el nivel 2, se le daban 2 puntos y si estaba en el nivel 3 se le daban 3 puntos. Los resultados se muestran en la Gráfica 3.

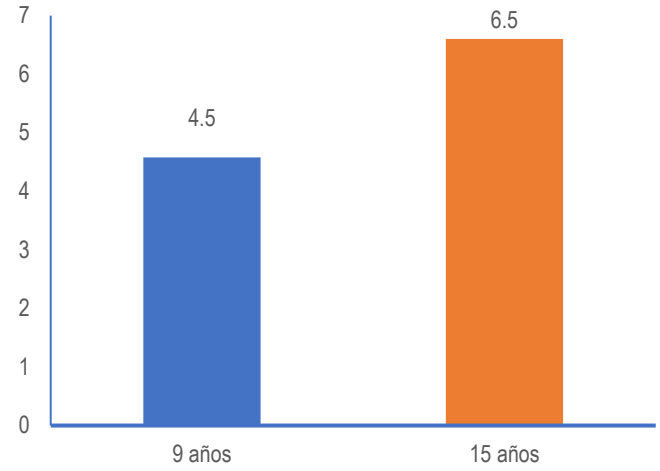
Gráfica 3 Puntaje total promedio para el nivel de desarrollo moral por grupo de edad



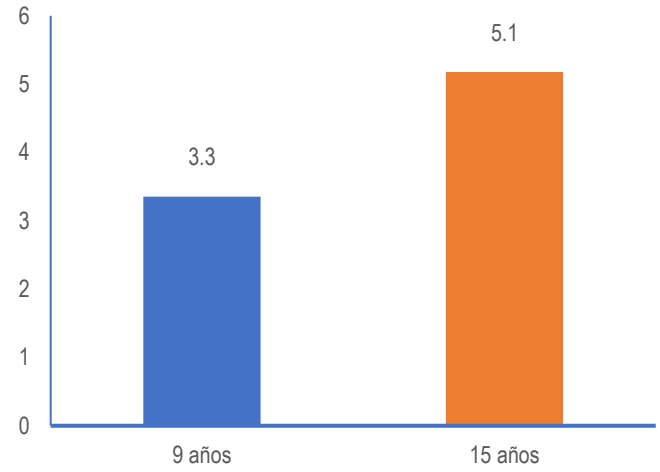
Como se puede observar en la Gráfica 3, en el nivel de desarrollo moral también se hace evidente una diferencia en relación con la edad. El grupo de niños de 9 años obtuvo un puntaje promedio de 7.8, mientras que el grupo de 15 años obtuvo un puntaje promedio de 11.7.

Posteriormente se realizó un análisis comparativo de los datos obtenidos para cada grupo de edad en relación con los niveles planteados por Kohlberg (1992) (Gráfica 4) y Gilligan (1982) (Gráfica 5).

Gráfica 4 Promedio de desarrollo moral para la muestra total con base en la propuesta de Kohlberg (1992)



Gráfica 5 Promedio de desarrollo moral para la muestra total con base en la propuesta de Gilligan (1982)



Al comparar las gráficas 4 y 5, se puede observar que en ambas hay una diferencia en el nivel de desarrollo moral debida a la edad, ya que el grupo de 15 años presenta puntuaciones más altas que el grupo de 9 años en relación con el nivel de desarrollo moral. Por otro lado, se observa que el incremento en ambas gráficas parece ser similar.

Discusión

Los resultados preliminares del presente estudio sugieren que hay diferencias debidas a la edad en la interpretación de la ironía, dado que para los adolescentes de 15 años fue mucho más fácil identificar la ironía en las historias que para los niños de 9 años. Esto parece confirmar que el nivel de interpretación de la ironía se desarrolla conforme a la edad y continúa hasta después de la adolescencia, como bien señalan Milosky (1994) y Filippova (2014). Adicionalmente, las respuestas de los participantes parecen señalar que el género de quien emite el comentario irónico influye en la adecuada interpretación de la ironía, ya que tanto los niños de 9 años como los adolescentes de 15 años identificaron con mayor facilidad la ironía cuando el ironista era hombre. En cambio, cuando el ironista era una mujer, el enunciado fue interpretado como mentira piadosa por varios de los participantes. Una posible explicación a lo anterior parece residir en que en la cultura mexicana la ironía se asocia a agresividad. En ese sentido, es más aceptado que los hombres hagan comentarios irónicos, en tanto que culturalmente no se esperarían de una mujer. Es necesario confirmar estos resultados preliminares con el análisis completo de los datos.

En lo que se refiere al desarrollo moral, los resultados preliminares parecen indicar que también existe una diferencia debida a la edad en el nivel de desarrollo moral, tanto para el puntaje basado en los niveles propuestos por Kohlberg (1992) como los derivados de la propuesta basada en Gilligan (1982). Al igual que la interpretación de la ironía el nivel de desarrollo moral aumenta con la edad. Lo anterior concuerda con lo dicho por Kohlberg (1992), quien señala que los individuos más jóvenes suelen pensar en reglas invariables o concretas en relación a cómo piensa la sociedad, mientras que durante la adolescencia los individuos ya son capaces de abstraer la moralidad y de considerar dilemas con conceptos más amplios del bien y del mal. Queda pendiente comparar estos resultados preliminares en el análisis completo de los datos.

Hasta el momento los resultados preliminares de nuestro estudio muestran que hay diferencias debidas a la edad tanto en relación a la interpretación de la ironía como al nivel de desarrollo moral, lo cual parece indicar que dado que ambos aspectos se comportan de forma similar podría haber una relación entre ellos. Es necesario profundizar en el análisis de los datos para observar si efectivamente existe una relación entre nivel de interpretación de la ironía y el

nivel de desarrollo moral. Dicho análisis será el siguiente paso en esta investigación.

Referencias bibliográficas

Attardo, S. (2000). Irony as relevant inappropriateness. *Journal of Pragmatics, 32* (6), 793-826.

Bussey, K & Maughan, B. (1982). Gender differences in moral reasoning. *Journal of Personality and Social Psychology, 42*(4), 701-706.

De León, A. (2015). *Algunas exploraciones en torno a la ironía verbal en los años escolares.* Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

Delval, J. (2011). *El desarrollo humano.* México: Siglo XXI.

Donenberg, G. & Hoffman, L. (1988). Gender differences in moral development. *Sex Roles, 18,* 701-717.

Filippova, E. (2014). Irony production and comprehension. En D. Matthews (Ed.), Pragmatic *Development in First Language Acquisition* (pp. 261-278). Amsterdam-Philadelphia: John Benjamins.

Flavell, J., Miller, P. & Miller, S. (1993). *Cognitive Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Galotti, K. (2011). *Cognitive Development: Infancy Through Adolescence.* California: SAGE Publications.

Gilligan, C. (1982). *In a Different Voice: Psychological Theory and Women's Development*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Giora, R. & Attardo, S. (2014). Irony. En A. Salvatore (Ed.), *Encyclopedia of Humor Studies* (Vol I, pp. 397-402). Los Ángeles: SAGE.

Hess, K., Fernández, G. & Olguin, A. (2018). Desarrollo de la reflexión metalingüística sobre diferentes tipos de enunciados irónicos. *Signos Lingüísticos, 14*(28), 28-63.

Kalbermatten, M. I. (2010). Humor in verbal irony. En D. Koike, & L. Rodríguez-Alfano (Eds.), *Dialogue in Spanish* (pp. 69-87). Amsterdam-Philadelphia: John Benjamins.

Kohlberg, L. (1992). *Psicología del desarrollo moral.* Bilbao: Desclée de Brouwer.

Matute, E., Rossello, M., Ardila, A., Ostrosky-Solís, F. (2013). *Evaluación Neuropsicológica Infantil.* México: Manual Moderno.

Milosky, M. (1994). Nonliteral language abilities: seeing the forest for the trees. En G. P. Walach (Ed.), *Language Learning Disabilities in School-Age Children and Adolescents: Some Principles and Applications* (pp. 275-303). Nueva York: Macmillan.

Nucci, L. (2004). The development of moral reasoning. En U. Goswami (Ed.), *Childhood Cognitive Development* (pp. 303-325). Oxford: Blackwell.

Quintiliano, F. (1887/Siglo I). De las figuras de sentencias. En I. Rodríguez & P. Sandier (Eds.), *Instituciones Oratorias* (pp. 87-100). Madrid: Librería de la Viuda de Hernando y C.

Walker, L. (1984). Sex differences in the development of moral reasoning: a critical review. *Child Development, 55*, 677-691.

Yus, F. (2009). Saturación contextual en la comprensión de la ironía. En L. Ruiz & X. Padilla (Eds.), *Dime cómo ironizas y te diré quién eres: Una aproximación pragmática a la ironía* (pp. 309-331). Frankfurt: Peter Lang.

El Abandono de las mujeres privadas de la libertad.

Autora: Viridiana Sosa Márquez.
Contacto: vsm.corregidora@gmail.com
Maestría en Estudios de Género.
Nombre de la asesora:
Dra. Sulima del Carmen García Falconi
E mail: sulima_59@yahoo.com
Lectoras:
Dra. Lorena Erika Osorio Franco
Dra. María Elena Meza de Luna
Dra. Oliva Solís Hernández
Dra. Aceneth González López

Resumen

La presente investigación tiene por objetivos conocer la influencia de los factores económicos, familiares, sociales e institucionales en el proceso de reinserción social de las mujeres, así como su impacto. De igual forma, se pretende visibilizar las condiciones exclusivas de la población femenina liberada del Centro de Reinserción Social de San José el Alto, Querétaro, que deben ser atendidas con perspectiva de género.

Para lograrlo, se ha utilizado la metodología cualitativa de corte fenomenológico mediante la aplicación entrevistas a profundidad a 9 mujeres que han enfrentado la prisión y que han obtenido su libertad por cualquiera de los medios previstos por la Ley. Las narrativas desde la experiencia de las mujeres se entretejerán con la exploración bibliográfica, lo que nos permitirá conocer el impacto en su entorno social más inmediato.

De la investigación se obtuvieron como resultado las vicisitudes que enfrentan las mujeres antes, durante y después de su estancia en prisión, esto se desglosa en 5 vertientes: factores familiares, factores económicos, factores Institucionales, integración de la perspectiva de género en la impartición de justicia y el estigma. Con lo que se estuvo en posibilidad de emitir conclusiones de utilidad para la creación de política pública y acciones encaminadas a facilitar la reinserción social de las mujeres.

Palabras clave: Reinserción social, perspectiva de género, mujeres en prisión.

Abstract:

The main purpose of this investigation is to know the influence of the economic, family, social and institutional factors in the process of reintegration of women and their impact. Aditional to it, we pretend to visualize the exclusive conditions of female population who have obtained their freedom from the reintegration social center of San José el Alto, in Querétaro State. This conditions most be addressed with gender perspective.

To achieve the set objective, the Qualitative research: phenomenological method was applied through in-depth interviewing 9 women that have faced incarceration and have obtained their freedom by any of the means that Law provides. By intertwining both, women's experiences narrative, and research from reliable sources, it will be possible to get to know the incarceration impact in their nearest environment.

As a result of the investigation we obtained the vicissitudes that have faced women before, during and after incarceration. This is described in 5 aspects: economic, family, social, institutional, integration of gender perspective in the justice sector and stigma.

With wich it was posible to issue useful conclusions for the creation of public policy and actions aimed at facilitating the social reintegration of women.

Key words: Social reintegration, gender perspective, women in prision

Introducción.

Partiremos del objetivo central, que consiste en conocer la manera en que influyen los factores económicos, familiares, sociales e institucionales en el proceso de reinserción social, así como su impacto. De igual forma, se pretende visibilizar las condiciones exclusivas de la población femenina liberada del Centro de Reinserción Social de San José el Alto, Qro. que deben ser atendidas con perspectiva de género.

Para efectos de la presente investigación entenderemos la reinserción social no como un momento del internamiento, sino como un proceso progresivo, que puede continuar en externación. En la actualidad, el término de "reinserción" se define como un proceso que no tiene una duración determinada, si no como una

situación jurídica con relevancia social. (Sarre M., Manrique G., Morey J., 2018 p. 37)**.** En la primera parte de este documento se realiza un acercamiento inicial a la realidad reflejada en investigaciones previas y literatura referente al tema, legislación y datos estadísticos existentes respecto a la problemática, así como la revisión de los distintos enfoques teóricos que han analizado y explicado a delincuencia femenina hasta llegar al punto de vista de la criminología feminista. Posteriormente encontraremos los resultados del diagnóstico realizado mediante la aplicación de entrevistas a profundidad a mujeres que vivieron la situación de privación de la libertad y a autoridades penitenciarias.

Metodología.

Para lograr el alcance de los objetivos señalados, se ha utilizado la metodología cualitativa de corte fenomenológico mediante la aplicación entrevistas a profundidad a 9 mujeres que han enfrentado la prisión y que han obtenido su libertad por cualquiera de los medios previstos por la Ley. Se ha complementado con un diario de campo, la entrevista a 2 autoridades penitenciarias y la revisión de carpetas de investigación de las entrevistadas. Las narrativas desde la experiencia de las mujeres se entretejerán con la exploración bibliográfica de distintas posturas teóricas y datos estadísticos referentes al tema.

Resultados.

De acuerdo con las Estadísticas sobre el sistema penitenciario estatal en México (INEGI, 2017) se registró un total de 188 mil 262 personas privadas de la libertad en los centros penitenciarios de las entidades federativas al cierre de 2016, de las cuales 95% eran hombres y el 5% restante, mujeres.

El Estado de Querétaro cuenta con dos centros varoniles y uno femenil (CNDH, 2019): el Centro de Reinserción Estatal de San José el Alto (con 1,786 internos) Querétaro, el Centro de Reinserción Social de San Juan del Río (con 462 internos) y el Centro de Reinserción Social Femenil de San José el Alto (con 151 internas).

Encontramos que existen condiciones que confluyen en las mujeres que experimentan la privación de la libertad, convirtiéndose en factores que pueden incidir de manera positiva o negativa en su proceso de reinserción social, por lo que, a fin de ilustrar a profundidad cada uno de ellos, serán analizados los siguientes apartados: Factores familiares; Factores económicos; Factores Institucionales; Impartición de justicia y perspectiva de género y; El estigma.

Factores familiares

- **Conflictos familiares pre- existentes a la privación de la libertad**

Algunas de las entrevistadas que han ejercido violencia, a su vez han recibido un trato desigual por parte de su familia, instituciones y de la sociedad.

Lo anterior resulta coincidente con lo relatado por una participante de la investigación, a quien llamaremos *Sonia* quien fue privada de la libertad tras cometer el delito de robo con violencia a una farmacia ya que no contaba con los recursos para comprar su medicamento controlado. Ella nos habla de su experiencia en prisión:

> "Para mí son recuerdos bonitos porque estaba allá lejos de mi mamá y de mi papá, estaba completamente lejos. Estaba lejos de la violencia de mi mamá, de la familia. Tengo una familia sumamente violenta. Yo considero que no hay nada más violento y tóxico que la familia y son quienes más daño te hacen porque son las personas que más te conocen y saben dónde darte".

Como se pone en evidencia, los conflictos y patologías familiares en ocasiones son pre existentes a la realidad de la prisión. Se identifican, entonces, circunstancias adversas en la familia de origen y que se perpetúan hacia la familia nuclear.

Al salir de prisión, después de ocho meses de internamiento, *Sonia* se encontró con el rechazo de su familia, por lo que no se le permitió volver a convivir con su hija e hijo.

Los conflictos en la familia fueron determinantes también para *Teresa*, quien ingresa a prisión por intentar "ayudar" a su hijo que compurga una sentencia por delitos diversos. Ella nos narra lo sucedido:

> "Una persona metía droga al reclusorio de hombres, la dejaba en el baño, yo pasaba a llevarla, a sacarla del baño de las mujeres y entregársela a mi hijo ¿por qué? Porque si mi hijo no la pasaba, hacía el cruce el mentado

"caballito" que era del patio general hasta las celdas, entonces se veía en la necesidad forzosamente… la saco al patio general para que mi hijo la cruzara y fue cuando llegaron los custodios".

Teresa fue sentenciada a 15 años de prisión, siendo liberada a los 7 meses bajo algunas condiciones de seguimiento.

- **Etapa de internamiento.**

Estas relaciones patológicas ya presentes en la familia, sólo se agudizan por los efectos de la prisión en alguno de los miembros.

Recordemos que las mujeres privadas de la libertad que tienen hijas e hijos, tienen dos opciones: entregar la custodia a terceras personas o que vivan en prisión con ellas hasta los 3 años.

Cuando se entrega la custodia a terceros, en función del género del progenitor encarcelado y en ausencia de la madre, es otra mujer a quien se le asigna dicha tarea (Carretero, 2015). Pero sucede que en algunos casos, no hay ninguna persona que pueda hacerse cargo de las y los hijos tras la detención de la madre, tal es el caso de *Ana*, otra de las mujeres entrevistadas:

"Mis hijos se los llevaron a casas hogar del DIF primero los separaron, cada uno los repartieron y ya luego me los volvieron a juntar porque me dijo una de las trabajadoras sociales que se llegaron a enfermar, se enfermaban, que se ponían muy tristes".

Se le pregunta a *Emilia*: ¿Cómo es para una niña vivir en la prisión?

"Nos asignan un lugar donde están puras mamás pero ahí no te mantiene el gobierno, te dan tu comida normal pero nada más, yo crie a mi hija con leche en polvo de la que nos daban. Pasó un año y ya no volví a tener visita y yo tenía que esconder mi comida del comedor para darle a mi hija algo en la noche. Si no te visitan tu juntas tu dinero y le encargas a trabajo social pañales y leche".

- **Etapa post- penitenciaria:**

Después de su liberación y 2 años de cumplir con su terapia, su rehabilitación y con su asistencia al proceso de firmas y a 6 años de haber sido liberada, *Ana* no ha podido recuperar a sus hijas e hijos, pues su situación económica es desfavorable ya que sólo cuenta con estudios de educación básica, no cuenta con vivienda propia y dados sus antecedentes, sólo ha tenido empleos temporales sin prestaciones:

"Estaban en la casa hogar, siguieron en la casa hogar, hasta la fecha siguen en casa hogar pero ya hay convivencias con ellos. Aunque ya estaba rehabilitada, aunque tenía mis terapias, que estaba asistiendo. Aun comprobando todo eso, se me negaban mucho los del DIF. Siempre he estado rentando y se lo dije a los del DIF: - ustedes se basaron a lo del terreno de donde se los llevaron (a sus hijos), de mi mamá -, un terreno que tiene 1 cuarto construido, 2 de lámina con bardas ahí a medias que ya no se terminaron que al frente tiene pura piedra, bastante mal, no está bardeado al frente".

Ante esta realidad familiar que precede a la situación de prisión, encontramos que esta persiste y se agudiza, resultando un factor sustancial para el abandono de las mujeres en los centros de reinserción, la CNDH (2019) concluye que la mujer en prisión sufre un 90% de abandono por sus familias, conclusión acorde con lo encontrado por Herrera (2018), quien asegura que las mujeres son más frecuentemente abandonadas en prisión que los varones, ocurriendo el abandono por parte de la pareja en un lapso menor a los 6 meses posteriores a su ingreso a prisión a diferencia de los hombres internos, quienes mantienen contacto y reciben soporte regularmente durante años de parte de la pareja, familiares y amistades encontramos que las narrativas de las mujeres son compatibles con estas afirmaciones:

"De muchas de las mujeres se olvidan, muchísimas, más de las que ya están sentenciadas, se olvidan de ellas por completo ya no pasan a visitarla; ni hijo, ni familiares, ni hermanos, mucho menos esposo, se olvidan de ellas muy rápidamente".

Teresa

Antes de estar en prisión, *Teresa* visitaba a su hijo en el centro varonil (compurga una sentencia por robo), por lo que hace una comparación entre los días de visita en el centro varonil versus el femenil:

"Es mucho muy diferente no entiendo por qué esto de la mujer siempre hay que hacerla menos o la mujer este merece".

Las autoridades de los centros penitenciarios reafirman:

Rocío:

> "El hombre es quien jamás es abandonado por la familia, en tanto la mujer en reclusión sufre de abandono total o parcial. Ya sea porque su pareja también se encentra recluida, por la baja económica o bien por lo que representa el proceso de revisión para las visitas en un centro penitenciario".

Este abandono se ve afectado por las creencias que se atribuyen a los roles de género como refiere *Rocío*:

> "En cambio, si quien cometió el delito es una mujer, suelen ser abandonadas por sus familiares por alejarse del rol que tienen asignado estrictamente".

En respuesta, Azaola (2016) considera que deben ser incorporadas lo que ella llama "particularidades estructurales" ante la realidad de la mujer como figura protagónica de la familia y dado el predominio de hogares matricentrados, es decir, dirigidos por jefas de familia o con una alta participación femenina en la economía del hogar.

Factores económicos

García retoma el pensamiento de Alessandro Baratta, quien desde un enfoque humanitario argumentaba que el proceso de criminalización es altamente selectivo, afectando a los estratos sociales más débiles y marginados, y delibera que: "Hoy se sabe perfectamente que los presos no están presos por el delito que han cometido, sino por su vulnerabilidad, es decir, que el sistema penal opera como una epidemia, que afecta a quienes tienen sus defensas bajas" (García, 2017, p. 15).

- **La precariedad económica pre-existente:**

La precariedad económica es un factor que se encuentra como pre- existente a la realidad de la prisión que puede ser atribuible, en gran parte, a la feminización de la pobreza, pues se encuentra entre las entrevistadas un contexto económico, educacional, familiar y social desfavorable que representa un obstáculo para el desarrollo de sus capacidades.

Esta precariedad es notoria en lo que nos relata *Sonia* a cerca de su llegada a la prisión:

> "O sea imagínate que en la cárcel te puedes bañar diario y puedes comer, yo también de pronto dije: -¡estoy comiendo 3 veces al día, estoy comiendo 3 veces al día no lo puedo creer!-".

- **La economía durante la privación de la libertad:**

Sin embargo, una vez que la mujer se encuentra privada de la libertad, le seguirán una serie de privaciones adicionales, pues encontramos que la población femenil de los centros penitenciarios sufre una opresión que se suma a la discriminación de clase, además del estigma que acorrala a las mujeres al abandono, el aislamiento y la invisibilidad.

Sucede entonces que, en el concepto antes explorado de hogar como comunidad doméstica con economía colectiva y dada la ausencia de una persona que aporta a la economía del hogar, parte del impacto económico sigue una especie de onda expansiva hacia la familia, quienes, aunque tengan la intención de ayudar a su familiar interna, no están en posibilidades de hacerlo.

Todas las entrevistadas coinciden en que durante su internamiento no les fue proporcionado lo mínimo indispensable, por lo que la compra de los artículos de uso personal corre por cuenta de los familiares.

> "Tienes derecho a una mitad de jabón y te tiene que aguantar un mes. Te dan un papel de baño para un mes. Jabón en polvo para que hagas tu limpieza, si se termina, tú lo tienes que comprar".

Teresa

Encontramos que en la prisión se replican las desigualdades del mundo exterior, pues quienes no cuentan con visita ni posibilidades económicas se ven obligadas a servir a las demás a cambio de algo, a pesar de que esto no está permitido:

> "Cuando no cuentan con el apoyo de su familia las internas lavan ropa de nosotras o lavaban los trastes de la comida y nosotras les pagábamos."
>
> *Eva*

- **Etapa post- penitenciaria:**

El impacto económico empeora tras la liberación de la mujer, pues para entonces, la familia ha desembolsado grandes cantidades de dinero. *Sonia* fue rechazada por su familia a su salida, por lo que estuvo en la indigencia por un tiempo:

> "Muchas veces no he tenido dinero ni para comer, cuando salí me tuve que prostituir a cambio de comida y un lugar donde dormir en el piso".

Eva contó con el apoyo de sus padres, quienes también sufrieron afectaciones económicas importantes:

> "Mis papás se metieron en muchas deudas, tuvieron que vender su patrimonio entonces ahorita tienen muchas deudas, la económica para ayudarles a solventar los gastos porque obviamente empecé de cero, entonces gano lo mínimo".

Cabe resaltar que si la mujer en prisión es la jefa de la familia, la situación se tornará mucho más compleja, pues la familia deberá sortear la falta del salario correspondiente a la interna.

Factores institucionales

- **Inadecuada separación o clasificación.**

Eva refiere haber pasado todo su internamiento (3 años 4 meses) en el Centro de Reinserción Social Varonil de San Juan del Río, Qro. En este lugar describe un área adaptada con un total de 15 mujeres internas.

Todas estas irregularidades persisten y se documentan desde 2013 hasta el año 2019 (en el Diagnóstico Nacional de Supervisión Penitenciaria correspondiente) y le han valido a Querétaro al menos dos recomendaciones de la CNDH.

- **Maltrato (incluyendo abuso sexual).**

Diana narra que sufrió diversos maltratos durante su internamiento, durante la entrevista se muestra como una persona tímida e introvertida, refiere haber sido víctima de abuso sexual en reiteradas ocasiones por parte de otras internas. Tiene sólo 2 meses de haber sido liberada y se le ve muy afectada por todo lo ocurrido:

> "A algunas internas les gustan las mujeres y quieren aprovecharse de ese tipo de cosas se te acercan y te quieren tocar y las custodias ellas se hacían que no ven nada y tu si te quejabas, era peor, te castigaban o ya las otras se juntaban en bolita para maltratarte y a mí la verdad me dio mucho miedo, nada más me quedaba callada. Yo tenía que estarme dejando que ella se me acercara o me estuviera tocando, se me acercaba para tocarme mi parte de abajo, yo no podía decir algo porque yo si sentía miedo, que me iba a pasar otra cosa o que me iban a golpear".

Además de los abusos por parte de otras internas, *Diana* coincide en haber recibido malos tratos por parte del personal de custodia:

> "Las custodias, ellas son las que abusan mucho del poder que tienen y si uno quiere reclamar o dar una queja, te sobajan muy feo te humillan".

- **Tratamiento:**

Además de las irregularidades mencionadas, desglosaremos a continuación algunas de las bases para la reinserción social que la LNEP (DOF16-06-2016) establece en el artículo 72 como "bases para la reinserción social": la salud, actividades físicas y deportivas, la educación, trabajo y la capacitación para el trabajo.

Herrera (2018) asegura que en la administración de los Centros de Reinserción Social existen distinciones entre el tratamiento aplicado a la población varonil versus al aplicado en la población femenil, mismas que constituyen omisiones, prácticas anticonstitucionales y falencias, por lo que analizaremos a continuación las vertientes de tratamiento estipuladas en la legislación vigente y las compararemos con la narrativa de las mujeres.

Salud:

En lo referido por las participantes de la investigación encontramos que en lo que atañe al tema del tratamiento de la salud: de las mujeres entrevistadas, sólo una recibió tratamiento psicológico y para su adicción al alcohol, con un adecuado seguimiento al salir. Otra más acudió voluntariamente a terapia psicológica estando interna sin tener una continuidad al salir. Para quienes requieren medicamento psiquiátrico, ahí se les receta pero la compra del mismo corre a cuenta de los familiares, por lo que de no contar con visita, no podrán obtener su medicamento.

Los servicios son otorgados a solicitud de las internas según lo narrado por *Teresa*:

> "Temprano a las 6 de la mañana te dan una libreta donde te tienes que anotar en dado caso si quieres pasar este a enfermería, psicólogo, no me acuerdo como se llama el otro, trabajo social cualquiera de los 3".

Aunque se puede acudir a los servicios de salud de manera voluntaria, hay otro factor que influye según refiere *Sonia*:

> "El psicólogo, aunque estaba ahí no lo aprovechaban, era como estigmatizado ir a ver al psicólogo entre las reclusas".

Para el caso de la mujer que estuvo interna en el centro varonil, como se ha mencionado con antelación, hubo complicaciones diversas, entre ellas la atención médica:

> "El médico, obviamente les dan prioridad a los hombres, nosotras nos enfermábamos solas y nos curábamos solas porque muchas veces pedíamos cita y ya cuando nos llamaban ya se nos había pasado la enfermedad. No había abasto para atender a las mujeres y los hombres".
>
> *Eva*

También nos comenta que aunque existía tratamiento psicológico, se veían impedidas para acudir por la cargad e trabajo:

> "La psicóloga nos veía una vez al mes…sí llegaba a ir un grupo de alcohólicos anónimos, en teoría podíamos asistir pero nos exigían el trabajo teníamos que entregarlo a cierta hora y pues si nos sentábamos no íbamos a terminar. Tenía prioridad el trabajo entonces pues no nos sentábamos".

- **Trabajo y capacitación para el trabajo:**

Una constante entre las entrevistadas es la carencia de empleo y de capacitación para el mismo durante su internamiento.

Se observa que es muy complicado acceder a los talleres ya que son pocos para la cantidad de internas (156 internas, ofertando 4 talleres al momento de las visitas). Los talleres existentes consisten en manualidades que bien pueden atribuirse a la pertenencia a un género, volviéndose estereotipadas.

Las actividades remuneradas que oferta el centro de reinserción, pueden calificarse como explotadoras, pues la paga es paupérrima y los horarios extendidos.

Una de las labores remuneradas, es el trabajo de cocina, *Sonia* nos relata ¿cómo es desempeñar esta labor?:

> "Es una friega la cocina, es una chinga (sic), nada más descansaban una vez a la semana, una verdadera chinga. Las cocineras se levantaban antes que nadie y ya tenía que estar preparado todo".

Teresa también fue testigo de esta problemática:

> "Cuando te llegan a contratar en cocina les pagan 7 pesos la labor que hicistes (sic) en cocina y como es muchísima comida para tanta gente pues imagínate: el cansancio de todo el día y de las 7 de la mañana a las 9 de la noche y por 7 pesos; yo fui a trabajar un solo día y me dieron $7.90 mi día, muy mal pagado. Los otros trabajos son por temporadas: el <<Pilgrim's>>, el de <<Dog chow>> que les manda trabajo tienes que doblar las etiquetas, doblarlas lleva como 3 dobleces la etiqueta, tienes que hacer 1000 etiquetas por 5 pesos".

- **Educación:**

Durante las 3 visitas de campo se observa un aula de clase amplia y muy bien equipada, la cual se encuentra vacía todas las ocasiones, por lo que se acude a la pedagoga encargada, quien confirma que se les dan los libros para estudiar a quien lo solicita pero que no se llevan a cabo clases presenciales. Cabe mencionar que la pedagoga encargada se refiere de manera muy despectiva a las internas, solicitando que "no se les trate tan bien ya que estar ahí es un castigo".

Eva relata:

> "Te daban los libros y tu estudiabas pero tanto así como asesorías no las había y nada más cuando te faltaba alguna etapa de la escuela, yo que ya tenía la prepa ya no podía estudiar más".

- **El régimen de visitas:**

Al respecto *Teresa* comparte que esperó por 7 meses su sentencia, tiempo en el que no se le dio derecho a la visita íntima:

> "La visita conyugal es supuestamente cuando ya estás sentenciada. Yo no porque estuve 7 meses. No tienes derecho todo el proceso. Hasta que ya estás sentenciada".

Impartición de justicia y la perspectiva de género.

Como se observa en los datos estadísticos, sólo el 5% de la población interna en los centros penitenciarios son mujeres, de igual manera, observamos que las mujeres reinciden en menor medida que los varones, estos datos dan cuenta de la influencia del género en la conducta delictiva, además de que podría explicar, en parte, la sobregeneralización y el androcentrismo en el diseño de políticas para la reinserción social.

El diagnóstico Reinserta (2020) revela que las mujeres tienen sentencias de 23 años en promedio, mientras que para los hombres el tiempo promedio de sentencia es de 17 años de privación de la libertad. La organización atribuye lo anterior a la falta de un juicio con perspectiva de género (Reinserta, 2020).

Además de ello, la severidad en las sentencias es mayor para el caso de las mujeres pues "Documenta A.C." ha identificado también el abandono familiar, la ausencia de una defensa pública eficiente, la falta de recursos económicos y el desconocimiento sobre los requisitos para acceder a las alternativas de libertad anticipada como obstáculos que limitan el derecho de las mujeres a beneficios legales teniendo como consecuencia el hecho de que sólo un 22% de las solicitudes de libertad anticipada de mujeres sean aceptadas contra un arrasador 44% para el caso de los hombres (Documenta A.C., 2015).

Estos patrones de género presentes en el delito a los que se refiere *Sonia*, tienen gran trascendencia en la impartición de justicia, pues si el nuevo sistema plantea que la finalidad de la privación de la libertad como un medio para lograr la reinserción social (LNEP, DOF16-06-2016), luego entonces, estas diferencias deben ser atendidas si queremos lograr un tratamiento más efectivo. Es por ello que la regla 46 de las Reglas de Bangkok especifica a la letra:

> "Las autoridades penitenciarias, en cooperación con los servicios de libertad condicional y de asistencia social, los grupos comunitarios locales y las organizaciones no gubernamentales, elaborarán y ejecutarán programas de reinserción amplios para el período anterior y posterior a la puesta en libertad, en los que se tengan en cuenta las necesidades específicas de las mujeres". (CNDH, 2019, p. 38)

Lo anterior puede sintetizarse en lo expresado por Cruz y Vázquez (2013), que ha sido expuesto en el capítulo I cuando aseguran que pretendiendo neutralidad, el discurso punitivo ignora diferencias sustanciales entre hombres y mujeres, lo que deriva en un trato discriminatorio hacia las últimas, castigándoles más severamente.

Eva lo expresa de una manera muy elocuente:

> "Me sentenciaron a 16 años de cárcel por prejuicios sin ninguna prueba tangible, por estereotipos, tanto de fiscalía, del juez, sin una defensa adecuada porque no me dieron oportunidad de defenderme porque a mí me hicieron sentir culpable."

El Estigma

Desde los significados creados en el contexto social que han sido explicados desde el interaccionismo simbólico, surgen categorías (Goffman, 2006, citado en Hernández, 2018) que catalogan a los individuos con base en generalizaciones que son percibidas por el grupo social en la experiencia. Estas categorizaciones califican y encasillan la identidad de la persona colocando sobre ella de manera automática una serie de expectativas y anticipaciones que se dan por hecho. Desde el interaccionismo simbólico encontramos que la transgresión de la norma conlleva una reacción social, misma que dependerá del significado que la colectividad otorgue a la conducta. Pero en el caso de la transgresión femenina, estos significados se ven afectados por creencias de género, roles y estereotipos. Por lo que a la mujer transgresora se le atribuyen características negativas que la encasillan en una categoría estigmatizante que paulatinamente introyectará e incorporará a su estructura psíquica re- definiendo su identidad.

Diana explica lo anterior desde su experiencia:

> "No quiero salir, aquí estoy encerrada va a haber otra persona que me va a criticar, juzgar, me va a señalar, hay gente que cree y otra que no cree, a mí me avergüenza, me da mucha vergüenza salir a la calle".

Encontramos entonces, que el delito es doblemente estigmatizador para las mujeres, afirmando además que los centros de reclusión (en consecuencia) son espacios discriminadores y opresivos.

El estigma está estrechamente relacionado con la precariedad económica, pues conlleva grandes dificultades para encontrar empleo.

Encontramos que la transgresión de la norma conlleva una reacción social, misma que dependerá del significado que la colectividad otorgue a la conducta. Pero en el caso de la transgresión femenina, estos significados se ven afectados por creencias de género, roles y estereotipos. Por lo que a la mujer transgresora se le atribuyen características negativas que la encasillan en una categoría estigmatizante que paulatinamente introyectará e incorporará a su estructura psíquica re- definiendo su identidad.

Conclusiones.

1. Las mujeres privadas de la libertad son el centro de convergencia de una multiplicidad de prácticas opresivas que son articuladas sobre ellas de manera sistemática tanto social, como institucionalmente.
2. Las mujeres que transitan la prisión padecen múltiples abandonos: económicos, sociales e institucionales que ralentizan su proceso de reinserción social.
3. Es necesario diseñar políticas públicas y acciones específicas que atiendan de manera especializada a la población femenil que egresa de los centros penitenciarios.
4. Es necesario que la Comisión Estatal del Sistema Penitenciario del Estado de Querétaro implemente medidas que consoliden las bases mínimas para la reinserción social establecidas en la LNEP; se encuentran deficiencias institucionales importantes en lo que respecta al trabajo remunerado y capacitación para el trabajo, así como en lo que refiere al trato del personal de custodia.
5. Existe un vacío institucional y social en el apoyo que se brinda a las mujeres al salir de prisión.
6. La experiencia de la privación de la libertad impacta en el proyecto de vida de la interna, siguiendo un efecto de elongación hacia las familias con impactos multidireccionales.
7. La inclusión de las familias en el proceso de reinserción social es una agenda pendiente en el sistema de impartición de justicia mexicano.
8. La estancia en prisión deja una estela de modificaciones en la dinámica familiar, asignación de tareas y ajustes de roles.
9. Las redes de apoyo con que cuente la mujer tanto en su internamiento, como en libertad, serán determinantes para el proceso de reinserción. Es por ello que las políticas públicas deben ir encaminadas a preservar y fortalecer los vínculos de las internas con el mundo exterior.
10. Es necesario que el fortalecimiento de los vínculos con el exterior se incluya como una base mínima para la reinserción social dentro de la normatividad vigente.

Referencias bibliográficas.

Azaola, C. (2016). *Mujeres y cárceles en América Latina: Perspectivas críticas y feministas*. Universidad de Barcelona.

Carretero, M. (2015). *Parentalidad, salud mental y prisión*. Universidad de Salamanca.

García, D. (2017). La culpabilidad por la vulnerabilidad como medida de la pena: una revisión al concepto de culpabilidad. *Revicta Nuevo Derecho 13 (21)*.

Hernández, C.A. (2018) *"El estigma de las mujeres en reclusión en México: una mirada desde el interaccionismo simbólico."* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Herrera, J. (2018). Tratamiento penitenciario en México: comparación de la situación de hombres y mujeres. *6to. Congreso de Sociología.* Baja California.

Humanos, C.N. (2019). *Un modelo de atención post penciaria.* México: CNDH .

Humanos, C.N. (2019). *Diagnóstico Nacional de Supervisión Penitenciaria.* CNDH México.

Humanos, C. N. (2015). *Informe especial de la comisión nacional de los derechos humanos sobre las*

mujeres internas en los centros de reclusión de la república mexicana. CNDH, México.

INEGI. (2017). *Estadísticas sobre el sistema penitenciario estatal en México.*

Ley Nacional de Ejecución penal. (2016). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de junio de 2016. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNEP_090518.pdf https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172826/LEY_QUE_ESTABLECE_LAS_NORMAS_MINIMAS_SOBRE_READAPTACION_SOCIAL.pdf

Reinserta. (24 de Febrero de 2020). *Reinserta.org*. https://reinserta.org/noticias/reinserta-presenta-diagnostico-sobre-percepcion-del-desempeno-penal-en-mexico.

Sarre M., Manrique G., Morey J., (2018). *Diccionario jurídico mexicano : tomo I, A-B.* México: Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM.

SEGOB. (2018). *Estrategias de reinserción social.* México: SEGOB.

La publicidad de Soriana desde una perspectiva de género

Dafne Vianet Vázquez Zepeda. E-mail: vianetcassd@gmail.com
Asesora: Rosario Barba González.
Universidad Autónoma de Querétaro.
rosario.barba@uaq.mx

Resúmen:

Se realizó una observación de la semiología articulada en la publicidad en Facebook del grupo mexicano de supermercados Soriana, desde una perspectiva de género. A través de elementos de la retórica de la imagen planteados por Barthes (1987), se analizaron aspectos denotativos y connotativos de las imágenes presentadas por la marca que contienen modelos y los discursos que evocan. Se observó la forma en la que la marca Soriana utiliza elementos semióticos heteronormativos en la retórica de sus imágenes.

Palabras clave: Supermercado, Perspectiva Género, Publicidad, Facebook, Semiología.

Abstract:

An observation of the semiology articulated in the Facebook advertising of the Mexican supermarket group Soriana was structured from a gender perspective. Through elements of the rhetoric of the image proposed by Barthes (1987), denotative and connotative aspects of the images presented by the brand that contain models and the discourses they evoke were analyzed. The focus was to observe how the Soriana brand uses heteronormative semiotic elements in the rhetoric of its images.

Keywords: Supermarket, Gender Perspective, Advertising, Social Networks, Semiology.

Introducción

La publicidad desde su nacimiento hasta el día de hoy ha tenido una relación de reciprocidad con el consumidor a quien va dirigido, es decir, se alimentan uno del otro. En origen, busca persuadir al usuario para que consuma un determinado producto o servicio. Pero, al mismo tiempo, provee información contextual que permiten conocer su uso y su valoración. Es decir, la publicidad provee de las reglas culturales que enmarcan un producto (Costa, 2005). Esta función tiene que ver con la visibilidad de un producto junto con sus asociaciones culturales, sobre todo si se considera que una persona puede encontrar entre 6,000 y 10,000 anuncios diariamente. Esta cifra se duplicó a partir de 2007 con la creciente presencia de los entornos digitales en la vida cotidiana (Carr, 2020).

Frente a este poder de visibilización, este trabajo se pregunta por la postura de la publicidad con respecto de los roles de género en cuestiones tan cotidianas como la compra de artículos de necesidades básicas de un ser humano como la alimentación o la higiene, entre otros. Así, el objetivo de este texto es analizar las características semióticas que articula la publicidad generada para la *fanpage* oficial de Facebook de los supermercados Soriana.

El contexto de esta pregunta es particular en tanto que desde hace ya varios años que los movimientos que cuestionan la heteronormatividad se encuentran activos en México. Este término hace referencia al conjunto de relaciones de poder que sitúa a la heterosexualidad como modelo de

sexualidad hegemónico. Se encuentra asociado con expectativas demandas y limitaciones asociadas con una visión binaria del género hombre-mujer (Ventura, 2016).

Desde el año 1971 aparece en México el primer grupo feminista denominado "Mujeres en Acción Solidaria" (Ana Laura, 2003); en el mismo año se funda el Frente de Liberación Homosexual de México y el 26 de Julio de 1978 en una marcha por los presos políticos por el incidente del 68, aparece públicamente por primera vez en una marcha-protesta social, un contingente de personas homosexuales exigiendo su liberación sexual. (Hernández, 2020)

En aquellos años, las marchas (por lo menos de la comunidad LGBTTTIQ+) no superaban los 200 participantes; para el 2019 en la Marcha Anual del Orgullo LGBTTIQ+, la asistencia fue de alrededor de 65,000 personas (sólo en la CDMX) (Agencia EFE, 2019); mientras que en la marcha por el Día de la Mujer el pasado 8 de Marzo asistieron alrededor de 80,000 mujeres de varios contingentes (solamente en CDMX) (Forbes, 2020).

Actualmente, grandes marcas, principalmente de la industria de la belleza y la moda han creado campañas en sus redes sociales, que visibilizan a estos grupos.

Por ejemplo, en 2020, Calvin Klein se unió a la celebración del Orgullo LGBTTTIQ+ con la campaña *Proud in my Calvins*, tomando como modelo a la activista Jari Jones, entre otros modelos activistas por la diversidad. Como esta marca, Puma, Adidas y Levi's entre otras han creado campañas son modelos divergentes de la heteronormatividad.

En México, también hay algunas marcas como: Citibanamex, Aeroméxico, Viva Aerobus, IBM México, Movistar México, Aurrera, Superama, Rappi México, entre otros que han incluido dentro de su publicidad en redes sociales, piezas en apoyo a la diversidad sexual. Forbes(2020)

Sin embargo, es evidente la concentración de estas temáticas en la industria de la moda y la ausencia de ellos más allá de este mundo. Ventura (2016) ha mostrado que las personas fuera de la heteronorma se han encontrado vinculadas con asuntos negativos y, más recientemente con la reivindicación de derechos. Esta observación indaga por la presencia de algún discurso de este tema en lo mundano.

Caso de estudio: Soriana y su publicidad en Facebook

La cadena de supermercados de autoservicio Soriana es una de las marcas comerciales más reconocidas en México.

Soriana nace en 1905, en Torreón, Coahuila, y evolucionó de ser una tienda de telas y de la venta de productos al mayoreo, a la venta por menudeo y de artículos diversos para el hogar. Esta modalidad vio la luz con la apertura de su primer tienda de autoservicio en el mes de noviembre de 1968 en su ciudad natal. Para 1979, se realizó un plan de institucionalización, se definió su filosofía empresarial y se establecieron las bases para el crecimiento de la empresa. En 1994, la cadena comercial cerró el año con un total de 48 sucursales en distintos puntos del país. Para el año 2007, Soriana absorbió a la empresa Gigante y con ello, la empresa logró un total de 206 sucursales de las cuales 7 se encontraban en E.U.. Según la última actualización de su página oficial, en enero de 2020, la empresa opera 812 tiendas en 281 municipios de los 32 estados de la República (Organización Soriana, 2020). En el año fiscal 2019, la empresa tuvo un valor de 61.58 billones. (Yahoo! Finanzas, 2019).

Se ha elegido a esta cadena como caso de estudio representativo de los supermercados mexicanos. Se trata del segundo competidor del mercado, superado por Wal-Mart de México, de origen estadounidense. Además, este mercado incluye otras 33 cadenas como Chedraui y Comercial Mexicana (parte vendida a Soriana) y competidores regionales como Alsuper y HEB (Opportimes, 2019). Todas ellas se dedican a la venta de diversos productos para el hogar, alimentos, belleza y cuidado personal, artículos de higiene etc.

Tanto las marcas como los productos que comercializan son de necesidad diaria. Es de esperar que la publicidad que informe de ellos y sus reglas culturales se encuentre también anclada a la vida cotidiana. Merece la pena analizar el discurso publicitario de una empresa con una presencia tan persistente y normalizada, desde una perspectiva de género para indagar sobre la forma en la que presenta esta *normalidad*. El interés surge por la representación de la diversidad, más allá de las marcas globales de moda, de lo lejano y extraordinario hacia lo ordinario de la cotidianeidad, por medio de su integración en elementos visuales persistentes en la publicidad de productos y comercios cercanos y habituales.

La publicidad aparece como un dispositivo privilegiado para esta observación dada la relación de retroalimentación y reafirmación con su contexto cultural, ya que existe en la semiosis del colectivo en la que los sujetos conviven y se comunican por medio de las imágenes.

Resulta, además, particularmente interesante el análisis de la red social Facebook dada su penetración en México. En febrero de 2020, la plataforma contaba con 79 millones de usuarios mexicanos, es decir, cerca del 99% de los mexicanos con internet están en la red social (Lugo, 2020). Según el último informe de la App Annie, se demuestra que en primer trimestre del periodo de confinamiento, el uso de las redes sociales y aplicaciones asociadas se incrementó en un 20% de tiempo (La Vanguardia, 2020).

De estos usuarios, la página oficial de Soriana en Facebook cuenta con 1,659,369 *likes* y 1,705,471 seguidores. Si bien Tiendas Soriana, S.A. de C.V. es la organización responsable, con ubicación en Monterrey, México, 58 de sus administradores se encuentran en el mismo país, 5 en Nicaragua, 2 en Colombia y 1 en Argentina. Creada el 10 de noviembre de 2010, en los últimos meses cuenta con, al menos, una publicación diaria y más de 11,000 fotografías que de manera consistente emplean los colores rojo y verde en fondo blanco de la marca, con imágenes de sus productos y, en ocasiones, modelos (Tiendas Soriana, 2020).

Metodología

En el análisis de las imágenes contenidas en la publicidad de Soriana, se tomó una muestra de seis posteos publicados en el 2020. Los tres primeros se tomaron de la primera mitad del año (febrero, marzo y mayo) y los restantes pertenecen a la segunda mitad (septiembre, octubre y noviembre). La selección se realizó, entre imágenes de las publicaciones contaran con una o varias personas, de manera aleatoria en cada uno de los meses. Lo que se propone analizar es el papel connotativo que tiene el sujeto dentro de la imagen y el rol que juega en el mensaje que se está emitiendo. Es por eso que todas las imágenes de la muestra tienen como elemento principal de su composición gráfica al sujeto y una serie de elementos compositivos que los resignifican, como los colores, la luz, lenguaje escrito, efectos de edición (enfoque, desenfoque, etc.).

Para poder realizar un análisis de los componentes de cada pieza y explicar la codificación y decodificación de cada una, se empleó un modelo sobre la retórica de la imagen propuesta por Barthes (1964). Desde esta perspectiva, a partir de tres elementos compositivos es posible observar los componentes con los cuales fue construido el discurso: el anclaje lingüístico, el mensaje denotativo y el connotativo.

De cada imagen, el mensaje lingüístico que acompaña la publicación establece el sentido de la imagen mediante texto. En él se explica qué se ve en la imagen y se espera de la imagen que complemente el *cómo.* Por lo tanto, ayuda a fijar el sentido de los significados lo cual complementará las características connotativas. El mensaje denotativo es aquel que no ha sido codificado, es la acción o situación o los sujetos y objetos representados en la imagen. Naturaliza la imagen de modo que los elementos parecen estar ahí de forma espontánea y por ello en el sentido literal parecen no evocar algún mensaje secundario. Finalmente, el mensaje connotativo es aquel que ha sido codificado, es decir, la imagen significada según la relación de los elementos entre sí y a partir de su contexto. La cosa denotativa significa en conjunto, mediante signos que pertenecen a un código cultural por el cual el observador los decodifica y articula en campos asociativos. Es por medio de esta semiología que la imagen no envía un mensaje.

En fotografía, para significar se emplean una serie de recursos de connotación como: el trucaje o la manipulación de la imagen para hacer parecer real una situación falsa; la pose o la actitud que constituye elementos de significación; los objetos que inducen asociaciones de ideas; el esteticismo en la composición o el tratamiento y la sintaxis o la secuencia de elementos de acuerdo a su ordenamiento, entre otros.

Con base en esta metodología se analizan las articulaciones semiológicas que utiliza Soriana en su publicidad de Facebook, contemplados desde la visibilización del sujeto *mujer* desde discursos desde la heteronormatividad.

Resultados

Se presentan los hallazgos de las seis imágenes por separado y según los tres componentes. Finalmente se despliega un análisis integral de lo observado con respecto de las expectativas de la heteronormatividad.

Caso 1



Facebook Soriana- febrero 2020

Anclaje lingüístico: “Los últimos TRES EMOJIS que usaste definirán tu 14 de febrero”
Se establece una intención de interacción en el medio en el cual se envía el mensaje y se da una orden de forma indirecta al observador: revisar cuáles fueron sus últimos *emojis* si es que le interesa saber su suerte en la celebración del 14 de febrero (Día del Amor y la Amistad).

Formalmente, sabemos entonces que la imagen mostrará elementos iconográficos

del medio y girará en torno a la temática del 14 de Febrero.

Mensaje denotativo: *Emoji* con ojos de corazón sostenido por las manos de una chica con ropa juvenil de tez clara con cabello largo y rubio cuyo rostro no es visible puesto que en su lugar se encuentra el *emoji.* Detrás de ella aparece un fondo plano bicolor rojo y rosa, el texto blanco de la imagen se encuentra sobre el fondo rojo en la parte superior y la modelo se encuentra sobre el fondo rosa que tiene figuras de *emojis* color blanco con menor opacidad y el logotipo en color blanco de la marca en la parte inferior derecha.

Mensaje connotativo: El *emoji* es el complemento visual de lo que se planteó en el anclaje lingüístico ya que pertenece al medio en el cual se está interactuando, pero también nos habla del Día del Amor y la Amistad ya que tiene los ojos de corazón que es una imagen que se relaciona en el campo semántico de la ocasión al igual que los colores planos del fondo. El trucaje de la imagen está en la intervención del fondo en colores planos con el patrón de *emojis* y la foto recortada de la mujer encima para posicionarlo en un primer plano; la pose se encuentra colocando el objeto (*emoji)* delante del rostro simulando una máscara ya que éste definirá su estado de ánimo; la imagen está iluminada para dar una sensación de alegría; la modelo femenina está centrada en la imagen y tiene un aspecto juvenil por el tema de las redes sociales y la asociación con el fenómeno del enamoramiento que se da mayormente entre personas jóvenes.

Se coloca a una mujer ya que el amor está relacionado a la parte sensible del ser humano y esta sensibilidad, desde la heteronormatividad, comparte asociación con lo femenino.

Caso 2



Facebook Soriana- marzo 2020

Anclaje lingüístico: "El hábito de ordenar en los niños"
Hablará sobre el comportamiento de los niños al desarrollar hábitos como el orden.

Mensaje denotativo: El mensaje lingüístico aparece en primer plano y en el fondo se ve a una niña de unos 5 años con una playera de franjas rojas con un atomizador en la mano derecha y un trapo amarillo en la mano izquierda. Detrás de ella se encuentra una mujer adulta de playera amarilla realizando una actividad con las manos y mirando hacia el suelo. La imagen tiene un filtro que oscurece el fondo y contrasta la fotografía con la tipografía y el logo de la marca que se encuentra en la esquina inferior derecha sobre una textura plana color rojo institucional.

Mensaje connotativo: La palabra *"ordenar"* presenta un cambio de color, tipografía y tamaño, lo que indica que es el tema principal de la imagen: el orden. El color amarillo en este caso, asocia la palabra principal del texto que planteó el tema central, con el trapo que sostiene la niña y la blusa que tiene puesta la mujer adulta, es decir, los vuelve parte clave del discurso del "orden".

El trucaje de esta imagen se puede observar en el filtro que contrasta la foto con las letras. La mujer adulta se encuentra detrás de la niña que está limpiando una superficie con el trapo, por lo que podemos asumir que la mujer está realizando también alguna tarea de aseo. Las labores domésticas y la crianza de los hijos se asocian a las tareas de las amas de casa, entonces vemos a la mujer adulta realizando la acción del lado izquierdo y a la niña del lado derecho llevando a cabo la misma tarea que la madre con el objeto que en este caso es el trapo dándonos un significado de limpieza y por ende de orden. Esta conducta se transmite a "los niños", en el texto, pero a una niña en la imagen.

Caso 3



Facebook Soriana- mayo 2020

Anclaje lingüístico: "Hacer recetas riquísimas".
El tema de la imagen está ligado a la cocina o a cocinar para preparar platillos deliciosos.

Mensaje denotativo: Una mujer adulta y una niña sonriendo y sosteniendo artículos de repostería con la que están preparando un platillo en un *bowl* de cristal y vistiendo trajes de "chef" color blanco con mandiles color rojo institucional. Se aprecia que están en la cocina puesto que en la parte de atrás se alcanza a ver parcialmente la estufa. El mensaje lingüístico se encuentra en la parte superior derecha sobre una ceja color morado.

Mensaje connotativo: En la imagen se presentan modelos femeninas, una adulta del lado derecho y una niña del lado izquierdo llevando a cabo una tarea que se considera propia de lo femenino: el cocinar. Las mujeres miran al espectador y sonríen por la actividad que están llevando a cabo. La niña desempeña la misma tarea que la madre; es una fotografía iluminada y gran porcentaje de los elementos que aparecen en ella son blancos, por lo que da una sensación de limpieza y alegría (indicada también por la relación entre la pose de las modelos y sus expresiones faciales). La niña tiene la nariz manchada de lo que se está preparando, esto significa que mientras realizan la actividad también juegan y se divierten. La mujer adulta sostiene un utensilio más grande que el de la niña, es ésta última la que repite la acción de la primera. La imagen describe una actividad intergeneracional asociada con las exigencias heteronormativas.

Caso 4



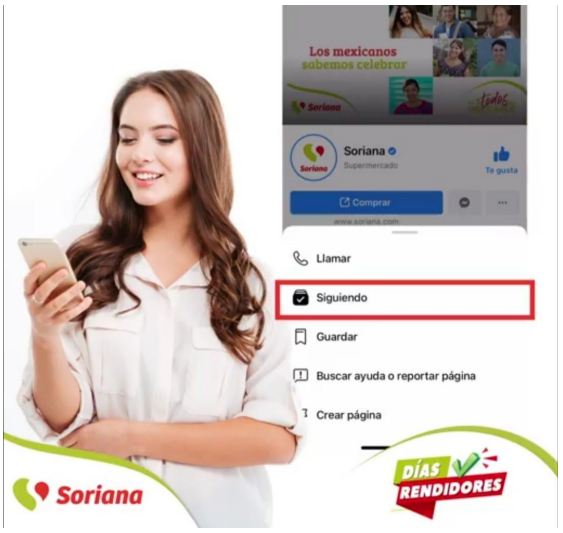
Facebook Soriana- septiembre 2020

Anclaje lingüístico: “El amor pesa menos de 4 kg”.
Relaciona el sentimiento de amor no con el peso, sino con quien pesa esa cantidad de 4k, que sería un bebé.

Mensaje denotativo: Mujer cargando a un bebé y viéndolo mientras sonríe. Viste ropa blanca y tiene el cabello suelto. En el fondo se ve una cuna color blanco en la esquina y en la pared que también es blanca se aprecian adornos para infantes, es decir, está en la recámara del bebé. El mensaje lingüístico se encuentra en la parte superior izquierda sobre un fondo rojo (color institucional) y al pie de la imagen del lado izquierdo sobre un fondo blanco aparece el logo de la marca y del lado derecho la sección a la que pertenece la pieza publicitaria en colores pasteles sobre un fondo blanco.

Mensaje connotativo: Como complemento al mensaje lingüístico, en la imagen aparece un bebé cargado por una mujer que sonríe al mirarlo, esto refiere al mensaje lingüístico es el amor maternal. La pose de la mujer indica que está apreciando al bebé pero al mismo tiempo está cuidándolo al sostenerlo entre sus manos; la fotografía tiene mucha iluminación y en la silueta de la modelo se puede ver un resplandor por esta luz. Los objetos y escenario alrededor son color blanco dando una sensación de pureza y tranquilidad. El mensaje lingüístico aparece del lado izquierdo (como la lectura occidental) dando una observación sobre el amor y del lado derecho la imagen muestra un amor maternal en la sección de la marca donde se indica que se pueden obtener artículos para bebé ya que el cuidado y crianza de los hijos está culturalmente ligada a la madre.

Caso 5



Facebook Soriana- octubre 2020

Anclaje lingüístico: *“Siguiendo”, “Días Rendidores”*
En la imagen podemos ver la interfaz de Facebook y en un recuadro rojo se resalta la palabra “Seguir” y al pie de la página. La marca anuncia que con sus productos “rinde” más o alcanza más.

Mensaje denotativo: Una mujer sobre un fondo plano color blanco sonriendo mientras observa algo en su celular posicionada del lado izquierdo de la imagen; en el lado derecho se observa la interfaz de la *fan page* de Facebook en su versión móvil con un recuadro rojo enmarcando la el apartado de “seguir”. El logo de la marca sobre un fondo blanco en el lado inferior izquierdo y la sección publicitaria sobre fondo blanco del lado inferior derecho.

Mensaje connotativo: La marca nos quiere decir que al seguir la página, se podrán aprovechar los “días rendidores”. La imagen tiene una iluminación alta y por medio del fondo blanco crea una atmósfera de armonía y alegría. Se utiliza a una modelo femenina del lado izquierdo de la imagen cuya pose indica que está atenta a lo que ve en el objeto que sostiene en mano (celular) y que además la hace

sonreír. En el lado derecho, por medio del trucaje, se muestra la interfaz de la *fan page*, posicionando a la modelo como seguidora de la marca. Ella se muestra alegre de que gracias a sus ofertas o costos ayuden a que el dinero del usuario (representado por la modelo) que compra sus productos "rinda" más.

Caso 6



Facebook Soriana - noviembre 2020

Anclaje lingüístico: *"Hasta recibirlo en tus manos, desde la punta de tus dedos"* Indica que desde el celular se pueden pedir los productos de la marca.

Mensaje denotativo: En la parte superior aparece un modelo masculino vestido con los colores de la marca, con una bolsa que contiene productos comestibles y un mensaje lingüístico escrito en letras bold blancas que contrastan con el fondo de colores planos (colores institucionales). En la parte inferior aparece el mensaje lingüístico, con las mismas características del primero, seguido de una modelo femenina que está observando su celular sostenido por su mano derecha y en la izquierda porta una taza de café mientras esboza una sonrisa.

Mensaje connotativo: El sujeto masculino aparece en esta imagen, como un solucionador o facilitador de lo que el mensaje lingüístico plantea, se recibirá en las manos del usuario por medio del facilitador que representa a la marca ya que viste los colores de la misma y se puede observar que porta un gafete. Ello compone la idea de que es un repartidor de la marca y resolverá para el usuario. Su postura es frontal y se le ve confiado lo que proyecta seguridad y confianza. El usuario, se encuentra representado por la modelo femenina y el mensaje lingüístico que le acompaña indica que está realizando una acción con los dedos, situación que se confirma con la pose de la modelo que observa su celular. La imagen nos quiere decir que ordenar los productos de la marca resultará tan fácil para el usuario que puede hacerlo incluso con una sola mano, desde la comodidad, y será el facilitador quien realice el trabajo de llevar los productos de la marca, hasta donde se encuentre el usuario.

Conclusión

Movimientos sociales como el feminismo y el de la comunidad LGBTTTIQ+, buscan poner sobre la mesa las discusiones sobre la representación y visibilización de posturas, formas, expectativas que divergen de la heteronorma. Igualmente han llamado la atención sobre cómo afecta la perpetuación de ciertos discursos establecidos desde una rígida y sesgada visión cultural cuya hegemonía ha perdurado hasta nuestros días. La heteronorma, generalmente, asigna a la mujer un papel pasivo, vinculado al hogar y la familia, mientras que el hombre se construye como proveedor y productor. Las variaciones, desde la publicidad, se cuentan asociadas a temáticas particulares, circunscritas a asuntos específicos, que no permiten identificarlos cercanos a "lo normal".

Consistentemente, la publicidad realizada la cuenta oficial de Facebook de la marca Soriana muestra en sus piezas modelos mayormente mujeres como usuarios y personajes masculinos como facilitadores o como parte de la marca que da una solución al usuario y cuyas características connotativas encajan con la imagen estereotípica heteronormativa de los sujetos *hombre* y *mujer*.

El mercado de los supermercados no son solo mujeres en edad reproductiva. Es cierto que por mucho tiempo la mujer ha ocupado el rol de ama del hogar y, por lo tanto, organizadora de las compras. Sin embargo, la decisión de incorporar una perspectiva de género describiría un entendimiento y análisis del mercado que consume activamente sus productos actualmente y que crecientemente está conformado por un público más diverso. Si la publicidad de Soriana se construye para que los usuarios se identifiquen y se sientan invitados, bien convendría ampliar estas posibilidades a un público de otras características.

En este momento histórico, quizá valdría la pena que marcas como Soriana se replantéen sus nociones y paradigmas en su publicidad para abrirle paso a su mensaje de oferta de calidad y costos accesibles en sus diversos productos de principal uso para el hogar, "para todos los mexicanos" (como expresan en su eslogan): sí mujeres, no solo blancas del mismo rango etario, hombres, estudiantes, adultos mayores e, incluso, personas que no necesariamente se identifiquen con una perspectiva binaria del género.

A partir del análisis semiótico que se ha realizado, se despiertan preguntas sobre la representatividad en distintos campos. Los casos revisados muestran cómo la estructura heteropatriarcal se encuentra en la serie de costumbres y el lenguaje que utilizamos (tanto el verbal como el no verbal) en nuestra vida cotidiana, como en nuestras decisiones de qué y dónde comprar, así como la forma en la que ello se representa y significa.

El consumidor activo es aquél que compra un producto porque lo requiere y se encarga de aproximarse a la marca que lo distribuye en cualquiera de los medios de los cuales ésta disponga. Entre los consumidores de esta marca existe una variedad de características en su identidad que deben ser tomadas en cuenta, tanto para integrar la marca en su contexto, como para integrar a la diversidad con la marca y, en el proceso, proveer visibilidad a quienes no la tienen, sobre todo en espacios de cotidianeidad. Idealmente, no sólo se trata de una estrategia publicitaria para aumentar las ventas de una marca, sino de la responsabilidad social que tiene al formar parte de la realidad diaria de miles de mexicanos que interactúan con ella en distintos niveles y que tiene un significado que pasa a formar parte de sus códigos culturales, que, como pudimos ver, son clave para la decodificación de mensajes y significados.

Referencias

Ana Lau. (2003). Feminismo en México. 11/11/2020, de UAM Xochimilco Sitio web: t.ly/PTmr

Carr, S. (9 de abril de 2020) How Many Ads Do We See A Day In 2020? PPC Project. Recuperado de: t.ly/jIsd

Costa, J. (2005) Publicidad y Diseño. El nuevo reto de la comunicación. Infinito.

Cueva Preciado, M. P. (2017). Estereotipos de Género en las Imágenes Gráficas de Publicidad Infantil Dentro de los Catálogos de Juguetes 'Navidad 2014' y 'Navidad 2015' de Supermercados Tottus. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.

EFE. (2019). Comunidad LGBT reivindica derechos con marcha masiva en Ciudad de México. 06/11/2020, de Agencia EFE Sitio web: t.ly/GWIE

El Financiero. (2020). SORIANAB Organización Soriana, S.A.B. de C.V.. 05/11/2020, de El Financiero Sitio web: t.ly/4mw0

Gil Benítez, E. M. (2015). La Publicidad Radiofónica en la Programación de las Distintas Franjas Horarias: Reflexiones Desde la Perspectiva de Género. Aposta. Revista de Ciencias Sociales, (64),1-34.[fecha de Consulta 21 de Septiembre de 2020]. Disponible en: t.ly/98Wt

Hernández Chávez, J. J. (2020). A 40 años del movimiento LGBTTTI en México. 05/11/2020, de El Universal Sitio web: t.ly/jlmg

Lugo, G. (6 de febrero de 2020) 79 millones de mexicanos, con cuenta en Facebook. Gaceta UNAM. Sitio web: t.ly/2mTS

Martínez Aznárez, C. (2016). Soriana: El millonario costo de crecer en el mercado de consumo. 14/11/2020, de Forbes México. Recuperado de: t.ly/u3tg

Moyano, D. , Elorriaga, N. y Irazola, V. (2020). Estereotipos de género en la publicidad gráfica a través de folletos promocionales de las grandes cadenas de supermercados de Argentina. Revista Española de Nutrición Comunitaria, 1, 8.

Opportimes (7 de agosto de 2019) Operan 33 cadenas de tiendas de autoservicio en México. Sitio web: t.ly/uXfo

Organización Soriana. (2018). Acerca de Nosotros. 11/10/2020, de Organización Soriana Recuperado de: https://www.organizacionsoriana.com/

Sahhar, G. (2020). Calvin Klein y otras marcas que promueven la inclusión. 07/11/2020, de eldiario Sitio web: t.ly/TuRy

Sánchez, S. (2020). Marcha por el Día Internacional de la Mujer convocó a 80,000 asistentes. 06/11/2020, de Forbes Sitio web: t.ly/d449/

Tiendas Soriana S.A de C.V. (2020) *Inicio* [Páginas de Facebook]. Facebook. Recuperado el 01 de diciembre de 2020 de https://www.facebook.com/tiendasoriana/

Ventura, R. (2016) *Tendencias de investigación sobre la heteronormatividad en los medios de comunicación*. Opción, 32(10), pp. 932 - 952. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5875203.pdf

Vives, J. (2020). El coronavirus dispara el tiempo que pasamos en las redes sociales. 07/11/2020, de La Vanguardia Sitio web: t.ly/altm

Yahoo! Finanzas. (2019). Organización Soriana, S. A. B. de C. V. (SORIANAB.MX). 14/11/2020, de Yahoo! Recuperado de: t.ly/

Forbes. (2020). Estas empresas visten sus logos con el arcoiris del orgullo LGBT. 04-diciembre-2020, de Forbes Sitio web: https://www.forbes.com.mx/negocios-empresas-logos-arcoiris-orgullo-lgbt/

8° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

BLOQUE
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

ÍNDICE

1 APP PARA CONTROL EN SISTEMAS ANDROID DE ROBOT ARTICULADO
Christian Daniel Andrade Camacho; Miguel A. Saldaña Salas; A. Levi González Rostro; E. Alexander Ordáz Fernández; L. Arely Arteaga Roque; L. Arturo Andrade Camacho; Rodrigo I. Pliego Suárez; Mónica B. Ortuño López; J. Adrián Pérez Orozco; J. Miguel Jaimes Ramírez

2 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN PUENTES PARA SU DETERMINACIÓN DE FALLAS
Ramiro Chávez Vicente

3 SISTEMA DE CAPACITACIÓN VIRTUAL EN EQUIPOS ESPECIALIZADOS
Ivan Daniel Cruz Rojas; Lydia Gabriela Ortega Bucio

4 DISEÑO DE UNA PRESA DE CONCRETO PARA COMUNIDADES AGRÍCOLAS
Abigail Gachuzo Gachuzo

5 INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO PORTLAND PARA LOS TIEMPOS DE FRAGUADO
Arcelia Marysol García Canseco; Juan Bosco Hernández Zaragoza; Teresa López Lara

6 CONSTRUCCIÓN, ESCALAMIENTO Y EQUIPAMIENTO DE UN CANAL EXPERIMENTAL PARA ANÁLISIS FORENSE DE INUNDACIONES
María Fernanda González Lagunas; Miguel Ángel Sánchez Quijano; Ivonne Monserrat Cruz Paz; M. Alfonso Gutiérrez López

7 ESTUDIO DE LA EROSIÓN Y PERDIDA DEL SUELO POR LLUVIA DE HURACANES EN MÉXICO. APLICACIÓN A QUERÉTARO
Gustavo Hernández Ramos; Elizabeth Barrera Cerón; Fidel Cabrera Feregrino; Alejandra Capistrán Martínez; Orlando Castillo Arreguín; José Antonio Cruz Alcalá; Daniel García De Santiago; Diego García Lara; Felipe de Jesús García León; Roberto Felipe Hernández González; Luis Gonzalo Márquez Montes; Carlos Tomás Méndez Guzmán; Juan de Dios Mendoza Flores; Paola Ximena Morales Osornio; Andrea Guadalupe Nieto Orozco; Alan Olvera López; Gabriel Olvera Trejo; José Cristóbal Palacios Hernández; Luis Alejandro Paredes Soriano; Juan Pablo Pérez Hernández; Uriel Alejandro Retana Uribe; Luisa Fernanda Reyes Rodríguez; José Miguel Rodríguez Álvarez; Juan Pablo Ruiz Montes; Lucero Sánchez Arauz

8 EVALUACIÓN DE CRITERIOS SUSTENTABLES EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Mariana López Tenorio; Avatar Flores Gutiérrez

9 APLICACIÓN MÓVIL ANDROID PARA MONITOREO DE PH VÍA BLUETOOTH
Kenny Arth Luevanos Uribe; Gloria Flor Mata Donjuán; Reynaldo Hernández Maldonado

10 SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA VIVIENDAS
Andrea Pegueros Llaca; Francisco Del Ángel Soria; Daniel Martínez Hernández; José Benjamín Olvera Delgado; Brayant Jesús Reséndiz Carranza; Ulises Isaí Suárez Cervantes

11 APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE FOCOS INTELIGENTES EN CASAS HABITACIONALES
María Cristina Ponce Chávez; José Gabriel Ríos Moreno

12 **SISTEMA DE VIGILANCIA DISTRIBUIDO BASADO EN UN LENGUAJE DE DESCRIPCIÓN DE EVENTOS**
Selene Ramírez Rosales; Alberto Vázquez Cervantes; Ana Marcela Herrera Navarro; Hugo Jiménez Hernández

13 **APLICACIÓN DE LA ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO EN LA CARACTERIZACIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES EN BOLSAS Y POPOTES DE UN SOLO USO**
Ramiro Reséndiz Badillo; Armando López Miranda; Yadira Guadalupe Maldonado; Esperanza Rodríguez Morales; José Arturo Toscano Giles

14 **ANÁLISIS DEL USO DE MEZCLAS BIOGAS-HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE COMPRESIÓN DE CARGA HOMOGÉNEA (HCCI) UTILIZANDO UN MODELO DE UNA SOLA ZONA**
Marco Antonio Rodríguez Baeza; Omar Rodríguez Abreo; Rodrigo Hernández Alvarado; Juan Manuel García Guendulain

15 **INICIOS DE UN APRENDIZAJE AUTOMÁTICO CUÁNTICO**
Sandra Samara Rosales Alvarado; Hugo Jiménez Hernández

16 **CONFORT TÉRMICO EN RESIDENCIAS MEDIANTE CONCRETO ADICIONADO CON EPS**
José Carlos Rosas Valencia; José Gabriel Ríos Moreno

17 **ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS PARA REDUCIR DAÑOS EN PRESAS**
Miguel Ángel Sánchez Quijano; Alfonso Gutiérrez López

18 **DISEÑO DE PISCINA NATURAL UNA MEJORA PARA LA SALUD Y BIENESTAR SOCIAL**
Luisa Daniela Sánchez Ríos; María Fernanda Sánchez Ríos

19 **ECHO VERDE EXTENSIVO PARA EL CONFORT TÉRMICO EN EDIFICIOS**
María Fernanda Sánchez Rubio; Diana Guzmán Romero

20 **EVALUACIÓN REFERENTE A CERTIFICACIONES AMBIENTALES DE EDIFICIOS EN MÉXICO**
Diana Concepción Santos Tress; José Gabriel Ríos Moreno

21 **PROBLEMÁTICA DE PAÑALES DESECHABLES EN MÉXICO Y SU NORMATIVIDAD**
Angélica Rocío Serrano Farfán; Alejandra Nivón Pellón

22 **METODOLOGÍA DE INSTRUMENTACIÓN DE TANQUES DE PRODUCCIÓN**
Paula Soto Maximo; Raúl Ramírez López; Miguel Ángel González Ortiz

23 **SISTEMA DE MONITOREO ESTRUCTURAL PARA EDIFICIOS MEDIANTE ACELERÓMETROS**
Reiji Takane Paredes; Teresa Hernández López

24 **REHABILITACIÓN DE EDIFICACIONES DAÑADAS POR SISMOS MEDIANTE TÉCNICAS SUSTENTABLES**
Luis Arturo Vidal Sampayo; José Gabriel Ríos Moreno

25 **ASPECTOS EN EL DISEÑO DE RED ETHERNET PARA LA INDUSTRIA 4.0.**
Heriberto Zúñiga Vázquez; Raúl Ramírez López; Esperanza Rodríguez Morales

App para control en sistemas *Android* de robot articulado

Christian D. Andrade Camacho[1*], Miguel A. Saldaña Salas[1], A. Levi González Rostro[1], E. Alexander Ordáz Fernández, L. Arely Arteaga Roque[1], L. Arturo Andrade Camacho[1], Rodrigo I. Pliego Suárez[1], Mónica B. Ortuño López[1**], J. Adrián Pérez Orozco[1], J. Miguel Jaimes Ramírez[1].

[1] Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Querétaro
* *correo christian_d_30d@hotmail.com*
** *mbortuno@mail.itq.edu.mx*

Resumen

Se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles, para construcción de actividades de control y programación de un robot articulado. Esto mediante el uso de lenguajes de programación y marcado propios de *Android Studio.* La app resulta sencilla, amigable y atractiva para el usuario, y cuenta con interconexión entre pantallas para una programación más dinámica del control de un modelo de brazo robótico. Además cuenta con una programación, la cual permite realizar la comunicación inalámbrica por medio del serial Bluetooth entre la aplicación y un circuito de comunicación diseñado para este sistema mecatrónico.

Palabras clave: arduino, app, *android*, aplicación, *bluetooth, Android Studio,* brazo robótico

Abstract

An application for mobile devices was developed to build control and programming activities of an articulated robot. This by using Android Studio's programming and markup languages. The app is simple, friendly and attractive for the user, and has interconnection between screens for a more dynamic programming of the control of a robotic arm model. It also has wireless programming by Bluetooth serial communication between the application and a communication circuit designed for this mechatronic system.

Keywords: arduino, app, *android*, application, *bluetooth, Android Studio,* robotic arm

Introducción

Este proyecto se planteó según la pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar una aplicación móvil por medio de *Android Studio*, para el control de un modelo de brazo robótico articulado de 6 grados de libertad (GDL)? objeto de investigación acorde a los retos que presenta la industria 4.0 y a los intereses de este equipo multidisciplinario del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Querétaro.

La industria 4.0 integra el internet en las cosas, la interconectividad y control remoto de robots, las impresoras 3D, así como los vehículos autónomos; todo ello para ofrecer un grado elevado de automatización e independencia operativa en diversos procesos de manufactura (Gilchrist, 2016). Los brazos robóticos han alcanzado gran importancia debido a su amplia variedad de aplicaciones potenciales para sustituir y ampliar funciones mecánicas que realizaría un brazo humano; estos modelos nos superan trabajando de una manera más precisa, veloz, eficiente y segura. Este tipo de robots han sido usados en múltiples procesos industriales y de manufactura (Rishabh, 2019). Incluso, se encuentran aplicaciones en áreas como la medicina (Ryan, 2012) y la música (Hoffman, 2011).

En esta nueva industria se experimenta tanto una mayor velocidad de producción como un flujo mayor de la información. La tendencia BYOD siglas traducidas como “lleva tu propio dispositivo”, puede optimizar el tiempo del control de brazos robóticos, lo que trae grandes cambios a la sociedad digitalizada. Esta tendencia, permite eliminar instrucciones segmentadas consiguiendo la realización de tareas, sólo a partir de la definición de un resultado final (Izaguirre, 2012).

Actualmente muchas empresas han adoptado esta manera de trabajar, consiguiendo mayor productividad, por la interconexión constante con sus procesos productivos lo cual se ve reflejado en

su competitividad (Garrell, 2019). Estas tendencias tecnológicas se encuentran en consonancia con la posibilidad de desarrollar y controlar actividades productivas de manera remota, beneficiando de manera directa a consumidores, empleados y a empleadores. Hoy en día, siendo época de pandemia, esto cobra aún más sentido, ya que nuestra sociedad en general está mucho más abierta que antes a adoptar tecnologías de intercomunicación remota debido a las necesidades de confinamiento impuestas a nivel mundial.

Un dispositivo móvil inteligente puede integrar una gama enorme de aplicaciones para todo tipo de funciones. Cada aplicación móvil puede procesar, codificar y enviar datos, así mismo puede ser compatible con diversas funciones adicionales, como *bluetooth* y *wifi* que permiten ampliar sus potencialidades (Arroyo, 2011).

Por lo general las aplicaciones más atractivas, presentan una interfaz gráfica de usuario (GUI) intuitiva, con la cual el usuario puede explorar todas las funciones integradas. Una aplicación debe incorporar un conjunto de bibliotecas desarrolladas para optimizar el proceso de crear una aplicación, que a su vez podrá descargarse en multiplataforma, para la gestión de información en tiempo real (Robledo, 2013).

Robots que son controlados mediante aplicaciones *Android* han sido de gran interés en años recientes. Existen prototipos de robots móviles que obedecen a instrucciones dadas desde un dispositivo Smartphone, comunicado con el vehículo vía *Bluetooth* (Nadvornik, 2014; Tanvi, 2017; Ruiz, 2017; Azeta, 2019). Angelopoulos y sus colaboradores (2017) desarrollaron una app para un robot con aspecto humanoide, con el que el usuario puede ver el entorno del robot mediante una aplicación .

Referente a brazos robóticos pocos trabajos se encuentran: Medina y colaboradores presentan una app desarrollada en *MIT app inventor* para el control de un brazo articulado (Medina, 2016), Bilal y colaboradores (2019) muestra una aplicación, también construida en *MIT app inventor* para controlar un prototipo de brazo móvil con potenciales aplicaciones en pintado de carrocerías de vehículos. En estos dos últimos trabajos, aunque se menciona el éxito de sus pruebas en laboratorio, estas no se presentan a detalle y dejan vacíos en el desarrollo de la aplicación de control.

El objetivo general de este estudio fue desarrollar una aplicación móvil por medio de *Android Studio*, para el control de un modelo de brazo robótico articulado de 6 GDL. Esta interfaz de control virtual, recibe los datos desde un módulo *bluetooth* sincronizado al dispositivo móvil con lo cual es posible trabajar a una distancia segura.

Metodología

Este proyecto se centra en el desarrollo de la app para el control del brazo robot, pero este sistema se compone además de otros subsistemas que realizan labores específicas, que al integrarse con otras logran una tarea más compleja.

Diseño, construcción y automatización de la estructura del robot articulado

Esta etapa consistió en la realización de un modelo virtual en software de diseño asistido por computadora (CAD) *SolidWorks*, donde se definió la geometría y dimensiones de un brazo robot construido con polipropileno y polietileno de alta densidad, provisto de un conjunto de articulaciones que otorgan al sistema 6 GDL rotacional. Para esta etapa fue indispensable el cálculo de momentos, para asegurar el desempeño mecánico de este sistema mecatrónico. Fue necesario, un modelado de la base, eslabones, articulaciones y pinzas del robot. La fabricación de este brazo se llevó a cabo por medio de impresión 3D y manufactura con fresadora, taladro vertical, mototool y herramientas de corte manual (ilustración 1).

Como mando de control auxiliar se desarrolló una interfaz física (ilustración 2), esto mediante un circuito electrónico de recepción de datos usando un teclado matricial. El teclado hizo posible la intercomunicación con el brazo para ingresar las instrucciones sobre las tareas que el robot debía realizar. El diseño mecatrónico de la interfaz, también contempló que a través de una pantalla LCD fuera posible entregar información al usuario, como mensajes de solicitud de parámetros, información sobre etapa del proceso e instrucciones sobre los pasos a seguir para su correcta operación

En el microcontrolador ATmega2560, contenido en la placa arduino Mega 2560 que se utilizó, a través del IDE de Arduino se programó un sistema de interfaz conversacional que permite al usuario configurar los parámetros de operación y movimientos que realiza el brazo robótico. El cableado fue realizado en una placa fenólica de diseño propio para administrar de manera más eficiente las conexiones, entradas y salidas del microcontrolador. Como parte de las actividades del área mecatrónica también se| desarrolló el circuito de comunicación *bluetooth* y recepción de datos por el puerto serial virtual en los pines 35 y 37.

Diseño de la App

La app fue creada para dispositivos con sistema operativo *android*, en la plataforma *Android studio.* (Neil Smyth, 2020). Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el lenguaje de programación *Java,* que se encarga de aquellas funciones que llevará a cabo el programa tras las intervenciones del usuario, y el lenguaje de marcado XML para la GUI, mismo que representa el conjunto de actividades posibles (*Activities)*. Así mismo, el diseño del *software* para control incluyó un sistema de gestión de archivos para guardar y cargar diversas rutinas de movimientos del brazo pre-configuradas con el uso de objetos *OutputStreamWriter* para el guardado y *BufferedReader* para la carga.

La app se desarrolló para el control de un brazo robot por medio del uso de pantallas, botones, sliders y mensajes que simplifican la programación del brazo permitiendo configurar, guardar y ejecutar rutinas con diversas aplicaciones en el sector industrial, de investigación y de procesos. Además se puede adaptar para el control de otros equipos de automatización de características similares.

Para evaluar la funcionalidad del brazo y los subsistemas, en este trabajo se utilizaron tablas de requerimientos y resultados, donde se concentran las actividades que el sistema debe realizar.

Análisis de Resultados

En la ilustración 1 se muestra la imagen de la estructura física del brazo robótico, donde se observan todos sus componentes principales.

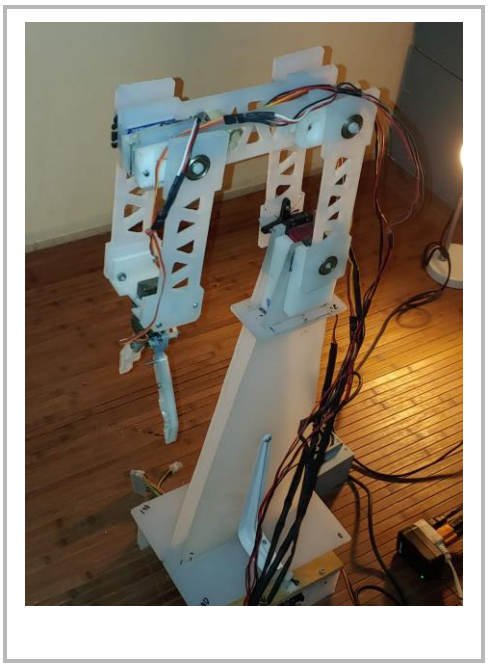


Ilustración 1. Estructura de brazo

El control integral del brazo requirió de una entrada de datos, un procesamiento y actuadores que realizan acciones acorde a los datos. En la entrada de datos, se reciben datos por dos medios: App e Interfaz física (ilustración 2), los datos se procesan en el microprocesador y las acciones se ejecutan por los servomotores. Los subsistemas de comunicación, procesamiento y ejecución se integraron conectando los periféricos a la placa fenólica y la placa fenólica en el arduino.

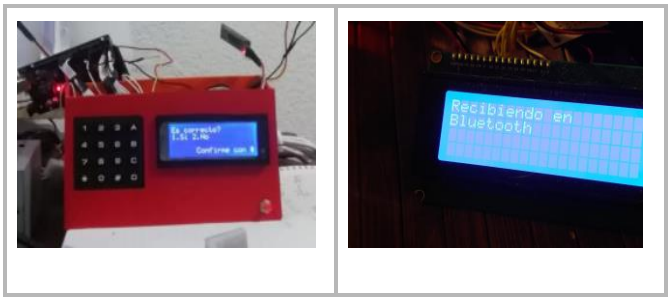


Ilustración 2. Interfaz física para control del bazo, provista de teclado matricial y pantalla de LCD.

Control del robot mediante la app

El proceso de control mediante la app fue como sigue: los datos se envían entre los dispositivos

mediante señales inalámbricas a través de *Bluetooth*. En la vista de una de sus pantallas se muestra un listado, técnicamente conocido como *ListView*, donde se pueden observar los dispositivos vinculados, entre los que aparece el módulo *bluetooth* HC-05. Este debe seleccionarse para el envío de los datos cargados como rutinas. Al seleccionar dicha opción, se da acceso a otra pantalla en la que se establece la conexión *bluetooth* y se preparan los datos para poder ser enviados. Al presionar el botón de carga, el programa hace una codificación de los mismos y los envía a través de la conexión establecida esperando la instrucción del usuario para ejecutar.

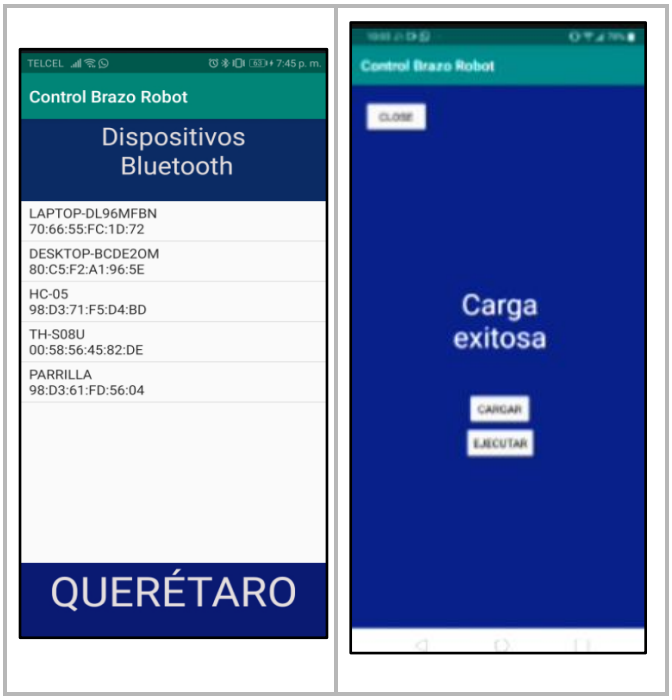


Ilustración 1. *ListView* de dispositivos conectados y establecimiento de la conexión *Bluetooth*.

Varios elementos se agregaron a la app para determinar los parámetros de ejecución; se tienen botones para seleccionar el motor que deberá llevar a cabo algún movimiento. En la ilustración 2 se observa la pantalla donde se puede hacer la selección del motor que debe programarse para realizar la tarea.

Para el control del ángulo de movimiento se usa un *Slider* que consiste en una barra deslizable con un señalador que incrementa o decrementa la magnitud de los grados de este ángulo. Adicionalmente, se incluyó un *EditText* que nos permite ingresar datos mediante el teclado, esto para poder agregar el tiempo en que el robot mantendrá su posición tras efectuar un movimiento (Ilustración 2).



Ilustración 2. Selección de motor y selección ángulos y tiempos

Para proveer de información al usuario, se configuraron mensajes *Toast* en algunas pantallas de la aplicación, un mensaje *Toast* es un pequeño mensaje emergente en la pantalla que dura solamente unos cuantos segundos, es útil para mostrar textos pequeños que apoyan al usuario en la toma de decisiones.

En la ilustración 3 se muestran las pantallas para guardar y cargar rutinas. El almacenamiento de rutinas consiste en escribir textos codificados que representan los movimientos de la rutina; al terminar de crearla, se accede al módulo de guardado, el programa se encargará de codificar esta rutina, creando una secuencia de caracteres que indican los diferentes parámetros introducidos en cada movimiento. Esta secuencia de caracteres tiene la siguiente estructura:

[1][3][1 o más][caracter de control]

El primer dígito corresponde a un número que identifica el motor seleccionado. Los siguientes tres caracteres representan los grados a mover (dígitos de 0 a 180, completados con 0's a la izquierda; así 005 representa 5 grados). El resto de los dígitos son los minutos que el brazo esperará en esa posición. Al final de la cadena se tiene un caracter de control,

que indica el final del movimiento. Esta estructura se repite de acuerdo con el número de movimientos cargados en la rutina. Tras crear y codificar la rutina, se escribe en un archivo de texto (.txt) dentro de la memoria *ROM* del dispositivo móvil, esto a través de un objeto *OutputStreamWriter* que permite escribir los caracteres en forma de bytes para ser escrito en el archivo.

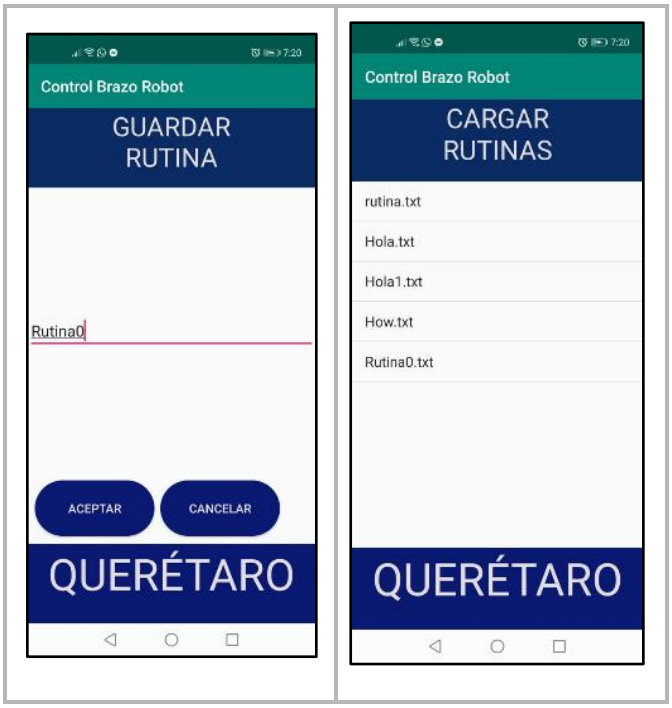


Ilustración 3. Guardar y cargar rutinas

Cuando se requiera usar las rutinas guardadas, es necesario entrar al módulo de cargado de rutina y elegir la que se requiera, aquí se listan los nombres de las rutinas guardadas (estos nombres serán escritos en el momento de guardar la rutina), como se puede observar en la ilustración 3. En este punto el programa recuperará los datos mediante el uso de un *BufferedReader* el cual se encarga de leer las cadenas escritas en el archivo seleccionado. Decodifica esta cadena con un proceso inverso a la de escritura, se leen los caracteres recuperados y se cortan las subcadenas cada que se encuentra el caracter de control, luego esas subcadenas se dividen de nuevo con el formato descrito para asignarse cada elemento a su respectivo parámetro. Al final estos elementos los añade a la lista de movimientos para posteriormente ejecutarlas.

Manejo de *Activities*

La aplicación se diseñó con un total de nueve *Activities,* estas se abren entre sí mediante el uso de un objeto *Intent* que se encarga de ejecutar cada una de las pantallas en el orden que se le asigne a cada caso. Además, a los *intent* se les incluyen ciertas banderas que nos permiten borrar la pila de actividades que se van creando para evitar que se mantengan ejecutadas en segundo plano. En el paso de la pantalla de selección de motor a la selección de grados, se agrega un identificador y una cadena para que el *intent* pase información entre estas dos *Activities.*

Para la representación de una rutina es usada una lista o *ArrayList* lo cual refiere a una lista dinámica de elementos, en donde cada elemento es uno de los movimientos. Dicha lista está contenida en una clase llamada *GlobalClass* que puede usarse dentro de todas las *Activities* que sean necesarias, pues se trata de una clase global; esta es referenciada en el archivo *Manifest* de la aplicación.

La *GlobalClass* tiene como atributo la lista que se usa en las distintas pantallas, pero, a su vez, esta lista es un *ArrayList* de objetos de otra clase llamada MOV la cual contiene los atributos representantes de cada elemento de un movimiento (motor, tiempo, grados), y sus respectivos métodos *setter* y *getter*. Los métodos *setter* nos permiten cambiar los valores de los atributos a través del objeto, los *getter* nos proporcionan los valores que contiene cada atributo. *GlobalClass* contiene también métodos *getter* que ayudan a usar los datos de un elemento específico de la lista, así como un método que nos proporciona el resumen de los elementos de la lista, mismo que se muestra en una pantalla previa a la ejecución de la rutina.

Resumen de resultados

Se consiguió un método de organización, codificación y decodificación de las instrucciones recibidas por el sistema en cadenas de caracteres. Se realizó el almacenamiento de movimientos ingresados por el usuario en documentos de texto de forma exitosa, la cual se puede cargar para la posterior ejecución de rutinas. Se ejecutó de manera exitosa la carga de rutinas desde la aplicación y su transmisión al arduino sin pérdidas de datos.

Se logró un modelo de control con arduino que recibe datos de las interfaces de manera exitosa,

selecciona los componentes correctos para ejecutar las acciones y nos entrega un posicionamiento con un margen de error de ± 5° y ± 1 segundos en los tiempos de espera mayores a 1 minutos y ± 50 ms en tiempos de espera menores. Se logró la programación, control e integración de los sistemas para la manipulación del brazo articulado.

En las tablas 1, 2 y 3 se presentan las matrices de resultados, donde se resume la calidad del producto tecnológico ya integrado con todos sus elementos de control.

Tabla 1. Pruebas a la interfaz virtual

ID	ACTIVIDAD	Resultado
1	Conexión establecida	ok
2	Selección de motor, posición y tiempo	ok
3	Guardado de rutina	ok
4	Carga de rutina	ok
5	Envío de datos	ok

Tabla 2. Pruebas de control

ID	ACTIVIDAD	Resultado
1	Recepción de datos	ok
2	Ejecución de rutina	ok
3	Selección de motor	ok
4	Posicionamiento en ángulo deseado (±5°)	ok
5	Tiempo de espera (± 1 s)	ok

Tabla 3. Pruebas de interfaz física

ID	ACTIVIDAD	Resultado
1	Selección de motor, posición y tiempo	ok
2	Ejecución de rutina	ok
3	Selección de motor	ok
4	Posicionamiento en ángulo deseado (±5°)	ok
5	Tiempo de espera (±5 s)	ok

Conclusiones

Se desarrolló una app para dispositivos *android* que controla un brazo robótico de 6 GDL, mediante *Android Studio*.

Lo más importante de desarrollar la aplicación móvil es la mejora del control del brazo mediante una interfaz virtual atractiva y amigable, porque de esta forma este desarrollo tecnológico se encuentra en consonancia con la tendencia BYOD, al poderse manipular con un dispositivo móvil tipo *smartphone*.

Lo más difícil al desarrollar la app fue asegurar la consistencia de los datos al ser transferidos mediante la comunicación *Bluetooth*. Es difícil porque en este proceso se debe asegurar la configuración correcta de la velocidad de emisión, el tipo, la codificación y la fidelidad de los datos.

Agradecimientos

El Programa de Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos 2020 del Estado de Querétaro, por incentivar y promover la investigación en los estudiantes de nivel superior.

El Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, a través del Departamento de Metalmecánica, la División de Posgrado e Investigación y el Laboratorio de Metalmecánica, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. Garrell Guiu, A. y Guilera Agüella, L. (2019). La industria 4.0 en la sociedad digital. Marge Books. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/itqueretaro/106378?page=29 .
2. Izaguirre Castellanos, E. (2012). Sistemas de automatización. Editorial Feijóo. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/itqueretaro/124330?page=10.
3. Arroyo, N. (2011). Información en el móvil. Barcelona, Spain: Editorial UOC. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/itqueretaro/33497?page=62.
4. Robledo Sacristán, C. (2013). Programación en Android. Madrid, Spain: Ministerio de Educación de España. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/itqueretaro/49348?page=6.
5. Medina, J. (2015). Aplicaciones Android para el control de sistemas mecatrónicos. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*.https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LzU-iZj05LknGsuze_4hJWhnSnZWt9ys
6. Nádvorník, J. (2014). Remote Control Robot Using Android Mobile Device. Department of Control Systems and

Instrumentation VSB – Technical University Ostrava.https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LzU-iZj05LknGsuze_4hJWhnSnZWt9ys
7. Neil Smyth. (2020). Android Studio 4.0 Development Essentials– Java Edition. Payload Media, Inc. All Rights Reserved.
8. Hoffman, G. (2011). Interactive improvisation with a robotic marimba player. Springer Science+Business Media, LLC. https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LzU-iZj05LknGsuze_4hJWhnSnZWt9ys
9. Ryan A, B. (2012). Medical Robots: Current Systems and Research Directions. Department of Engineering Technology and Industrial Distribution, Texas A&M University.https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LzU-iZj05LknGsuze_4hJWhnSnZWt9ys
10. Rishabh, J. (2019). Modeling and Analysis of Articulated Robotic Arm for. National Institute of Technology Allahabad, India.https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LzU-iZj05LknGsuze_4hJWhnSnZWt9ys
11. Gilchrist, A. (2016). Four Main Characteristics of Industry 4.0 Chapter 13. Introducing Industry 4.0. https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LzU-iZj05LknGsuze_4hJWhnSnZWt9ysz

DISTRIBUCION DE CARGAS EN PUENTES PARA SU DETERMINACIÓN DE FALLAS

Autor: Ramiro Chávez V[1].
[1]Departamento de Ingeniería Civil; Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, 76010, México. rchavez02@alumnos.uaq.mx
Asesor: G.J Ríos-Moreno[2]
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, 76010, México. riosg@uaq.mx

RESUMEN Mala distribución de cargas permanentes hacia los puentes y de su vida móvil, provocando que surjan colapsos, los cálculos hacia el tipo de estructura correspondiente, dependen a cada tipo de carga que se le proporcione al puente. El propósito de esta investigación es que, mediante datos estadísticos, se mejore la distribución de cargas en los puentes y un mejor uso sobre ellos, indicando bajo las reglamentaciones adecuadas. Ensayos que se han realizado para diagnosticar las condiciones en las que se identifican daños graves, respecto a las cargas que ejercen los vehículos y evaluar la seguridad en la que se encuentran los puentes, llevando así una representación del puente en el software de AutoCAD. Los resultados muestran que las cuestiones climatológicas y cargas vehiculares a las que se encuentran constantemente los puentes, son factores que determinan el agrietamiento y su durabilidad en la vida útil.

PALABRAS CLAVE Cargas permanentes, cálculos en cargas, cargas de vehículo.

ABSTRAC Poor distribution of permanent loads towards bridges and their mobile life, causing collapses to arise. The calculations towards the corresponding type of structure depend on each type of load that is provided to the bridge. The purpose of this research is that, through statistical data, the distribution of loads on bridges and better use on them is improved, indicating under the appropriate regulations. Tests that have been carried out to diagnose the conditions in which serious damage is identified, with respect to the loads exerted by the vehicles and evaluate the safety in which the bridges are located, thus taking a representation of the bridge in the AutoCAD software. The results show that the weather issues and vehicular loads that bridges are constantly faced with are factors that determine cracking and their durability over the useful life.

KEYWORDS Permanent loads, load calculations, vehicle loads.

I. INTRODUCCIÓN

El principal factor importante de la infraestructura internacional y nacional sin lugar a duda son los puentes, ya que estos nos permiten salvar de un accidente geográfico como lo pude ser en un rio, un cañón, un valle o un cuerpo de agua, o cualquier otro obstáculo físico, como una carretera, un camino, una vía férrea, estos se diseñan de acuerdo a lo que se requiera y también al cómo se encuentre el área o terreno sobre el que se va a construir el puente.

Al realizar el diseño de la estructura del puente, esta debe ser capaz de cumplir con las funciones a la que se pretenda utilizar. De esta forma, nos muestra que todo puente siempre será susceptible de un deterioro gradual y acumulativo a lo largo de su etapa de servicio, a tal punto que el seguimiento, reparación y restauración de su estructura son uno de los principales retos de la obra civil (Manual de Inspección de Puentes, 2018).

De esta forma, los puentes, por sus condiciones de servicio, están constantemente sometidos a ciclos de carga y descarga debido al paso de vehículos que pasan por ellos, de esta manera los hace susceptibles al deterioro por fatiga, fenómeno que se presenta como un cambio micro estructural gradual y permanente en los materiales debido a la

aplicación constante de cargas. Es sumamente importante ya que radica en el hecho de que, aunque la tensión nominal está por debajo del límite elástico del material, las tensiones locales cerca del final de una falla pueden ser lo suficientemente altas como para provocar su propagación, provocando eventualmente que la estructura alcance su colapso (Hillebrand, 2020). De los diferentes tipos de infraestructura civil, en el pasado reciente han enfatizado la necesidad y evaluación de puentes (Ahmed, 2020), el monitoreo de la infraestructura pública es importante, ya que es posible actuar con anticipación para que no exista falla alguna y que provoque daños a la población civil, ya que puede haber un colapso puesto que estas infraestructuras se utilizan a diario.

El agrietamiento en las vigas concreto pre forzado suele deberse a diversas causas, ya que durante su período de servicio o incluso durante su fabricación, se ha tenido en cuenta que en algunas vigas de este material ya se han formado fisuras previas a la liberación de la fuerza pretensora, estos parten del extremo superior y se extienden hacia el borde inferior, llegando incluso a penetrar en varios casos a lo largo de todo el peralte (Wang, 2020). Por otro lado, también se puede desarrollar agrietamiento por flexión, formada por sobrecargas e incluso por cargas de servicio regulares, considerando que puede generarse por defectos de fatiga si los elementos estructurales soportan cargas que producen tensiones de tracción en el hormigón (Hegger, 2020), que es el límite de tensión en la fibra extrema de concreto pre comprimido que permite la normativa norteamericana para el diseño de puentes, elaborada por la American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO, 2017).

Por su parte, también se ha abordado ampliamente el agrietamiento del concreto por efectos de fatiga (Gao, 2020). Sus modelos de crecimiento de grietas se han utilizado para predecir el deterioro por fatiga por efectos del tráfico en puentes (Manual de Inspección de Puentes, 2018), sin embargo, solo han sido para aquellos construidos con concreto reforzado, cuya ausencia de fuerza de pres fuerzo provoca un comportamiento y mecanismos de deterioro diferentes a los las que se dan en elementos de concreto pres forzado, esto debido a las mismas circunstancias de los errores de cálculo que se realizan, pero la mayoría de las veces el factor de los componentes climatológicos como actor principal de las causas de las fisuras. El propósito de esta investigación es que, mediante datos estadísticos, se mejore la distribución de cargas en los puentes y un mejor uso sobre ellos, indicando bajo las reglamentaciones adecuadas y que el material a utilizarse lleve su proceso de inspección previo a la elaboración del puente. El monitoreo hacia los puentes, es parte fundamental para que de alguna forma no se presenten problemas lo largo del tiempo, de la misma manera se verán reflejados muchos factores para el enriquecimiento para nuevos modelos y tener en cuenta las fallas que se presentan con más frecuencia en los puentes.

II. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Para llevar a cabo todo tipo de construcciones, es necesario ceñirse a las normas de la ley, como la normativa, ya que de esta manera existen establecimientos de construcción más grandes y de tal manera que nos permite no cometer errores a lo largo de la misma. Es por ello que al realizar una obra existen ciertas restricciones laborales, en esta ocasión nos regiremos por la NOM-086-SCT2-2015 Oficial Mexicana, dispositivos de señalización y protección en áreas de obras viales (NOM, 2015), de esta manera, se conocerán las normas que se requerirán para el desarrollo de un puente vialidad, también es necesario establecer los requisitos generales que deben cumplirse para diseñar e implementar los dispositivos de señalización y protección en las áreas de obras viales de las carreteras y vías urbanas bajo jurisdicción federal, estatal y municipal, a fin de que dicha marcación sea uniforme en todo el territorio nacional con el fin de facilitar a los usuarios la comprensión de las indicaciones que transmite en relación a su seguridad y para reducir la ocurrencia de accidentes.

En cuanto a la realización de todo tipo de procesos con base a los puentes, se tiene que realizar un reconocimiento físico que se realiza principalmente a través de la vista, esta inspección se define como el conjunto de actuaciones técnicas realizadas según un plan previo que aportan los datos necesarios para conocer el estado físico de la estructura de un puente, la recopilación de información incluirá (en caso de ser posible): historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post-construcción, inspecciones previas, etc., hasta la salida a campo. Normalmente cada estándar o manual tiene que ser actualizado constantemente por cuestiones de nuevos materiales y cuestiones tecnológicas, por eso existen herramientas informáticas, ya que es una organización orientada a mantener el funcionamiento de los puentes que gestiona y aplica de forma óptima los recursos disponibles en beneficio de los usuarios, permitiendo así la gestión ágil y eficiente de la información.

Por estos motivos de debe tener en cuenta la manera las trayectorias que ejercen los vehículos, Ecuación (1):

$$[M_v]\{\ddot{d}_v\} + [C_v]\{\dot{d}_v\} + [K_v]\{d_v\} = \{F_G\} + \{F_v\} \quad (1)$$

donde $[M_v]$, $[C_v]$ y $[K_v]$ = las matrices de masa, amortiguación y rapidez del vehículo, respectivamente; $\{d_v\}$ = el vector de desplazamiento del vehículo; $\{F_G\}$ = el vector de gravedad del vehículo; y $\{F_v\}$ = el vector de las fuerzas de interacción rueda-carretera que actúan sobre el vehículo (Deng, 2016).

La dinámica de un puente se puede describir como la siguiente Ecuación (2):

$$[M_b]\{\ddot{d}_b\} + [C_b]\{\dot{d}_b\} + [K_b]\{d_b\} = \{F_b\} \quad (2)$$

donde $[M_b]$, $[C_b]$, y $[K_b]$ = masa del puente, amortiguación y rigidez matrices, respectivamente; $\{d_b\}$ = vector de desplazamiento del puente; y $\{F_b\}$ = el vector de las fuerzas de interacción rueda-carretera que se aplican a el puente (Cal, 2016).

Las fuerzas de interacción entre el puente y el vehículo son fuerza y fuerzas de reacción que son iguales en magnitud, pero con direcciones opuestas. En los puntos de contacto, el desplazamiento del puente, el desplazamiento del eje de la rueda, la deformación del muelle del neumático y la rugosidad de la carretera son compatibles (Deng,2016), Ecuación (3)

$$\begin{bmatrix} M_b & \\ & M_v \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \ddot{d}_b \\ \ddot{d}_v \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_b & +C_{bb} & C_{bv} \\ C_{vb} & & C_v \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \dot{d}_b \\ \dot{d}_v \end{Bmatrix} 4 + \begin{bmatrix} K_b & +K_{bb} & K_{bv} \\ K_{vb} & & K_v \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} d_b \\ d_v \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_{br} \\ F_{vr} + F_G \end{Bmatrix} \quad (3)$$

donde $C_{bb}, C_{bv}, C_{vb}, K_{bv}, K_{vb}$ son los términos de amortiguación y rigidez relación la interacción entre el puente y el vehículo; F_{br} y F_{vr} debido a la fuerza de contacto entre el puente y el vehículo y también son términos dependientes del tiempo (Deng, 2016).

Un perfil de la superficie de la carretera puede generalmente tratar como un proceso aleatorio gaussiano estacionario de media cero. Se puede generar un perfil de superficie de carretera aleatorio, Ecuación (4):

$$r(X) = \sum_{k=1}^{N} \sqrt{2\varphi(n_k)\Delta n}\cos(2\pi n_k X + \theta_k) \quad (4)$$

donde $\varphi()$ es la función $(m^3/cycle)$; θ_k es una función aleatoria uniformemente distribuida de 0 a 2π; y n_k es el número de onda (ciclo/m) después de fue fundada otra operación, Ecuación (5)

$$\varphi(n) = \varphi(n_0)\left(\frac{n}{n_0}\right)^{-2} \quad (n_1 < n < n_2) \quad (5)$$

donde n_0 es la frecuencia de discontinuidad de $½\pi(cycle/m)$; $\varphi(n_0)$ es el coeficiente $(m^3/cycle)$ cuyo valor se elige en función del estado de la carretera; y n_1 y n_2 son los inferiores y superiores frecuentes al corte, respectivamente.

El deterioro progresivo bajo la acción combinada de cargas de tráfico y ambientales de corrosión, para describir su deterioro se utiliza la siguiente Ecuación (6)

$$\varphi(n_0)_t = 6.1972 \times 10^{-9} \times exp\{[1.04e^{\eta t} * IRI_0 + 263(1+SNC)^{-5}(CESAL)_t]/ 0.42808\} + 2 \times 10^{-6} \quad (6)$$

donde $\varphi(n_0)_t$ es el coeficiente de rugosidad de la carretera en función del tiempo; IRI_0 es el valor de rugosidad inicial antes de que la carretera se abra al tráfico; η es el coeficiente ambiental que depende de las condiciones ambientales; t es el tiempo en años; SNC es el número estructural calculado en función de la resistencia; $(CESAL)_t$ es el número estimado de tráfico en términos de la carga por eje único.

Los componentes del puente experimentarán ciclos de tensión complejos bajo la acción de pasar camiones, Ecuación (7)

$$AFD(t) = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \quad (7)$$

donde n_i es el número de ciclos acumulados en un nivel de rango de tensión de S_i y N_i es el número promedio de ciclos hasta fallas en esfuerzo. La fatiga especificando en las especificaciones de diseño de puentes AASHTO, N_i y S_i cumplen la siguiente Ecuación (8)

$$N_i = \frac{A}{S_i^m} \quad (8)$$

donde A es el coeficiente de resistencia a la fatiga m es la constante de la pendiente. Después se sustituye Ecuación (8) en la Ecuación (7), lo cual se obtiene la Ecuación (9)

$$AFD(t) = \sum_i \frac{n_i S_i^3}{A} \quad (9)$$

El estrés complejo en ciclos inducidos por cada paso de camión, el daño por fatiga acumulativo se puede calcular en función de la tensión primaria o máxima de rango y el número equivalente correspondiente de ciclos de tensión, Ecuación (10)

$$ENSC = num + \left(\frac{S_{r1}}{MRS}\right)^m + \left(\frac{S_{r2}}{MRS}\right)^m + \cdots + \left(\frac{S_{ri}}{MRS}\right)^m + \cdots \left(\frac{S_{rcut}}{MRS}\right)^m \quad (10)$$

donde num = el número de rango de tensión máximo causado por cada paso de camiones; S_{r1} = $(1 \cdots cut)$ = los rangos de tensión de orden superior; y S_{rcut} = el rango de tensión de corte. La constante de pendiente m se utiliza el algoritmo de recuento de flujo de lluvia para extraer el número de estrés varía desde el historial de estrés (Cal, 2016).

Por lo tanto, el FD debido a cada paso de camión bajo diferentes RSC, denotado por $j(j = 1,2,3,4,5)$, Ecuación (11)

$$FD_j = ENSC_j * MSR_j^3 \quad (11)$$

los FD promedio de simulaciones bajo la acción de la fatiga a consideración de la velocidad a la que va cada vehículo (Cal, 2016).

III. METODOLOGÍA

En México se han desarrollado dos sistemas de gestión de puentes: el primero se denominó "SIPUMEX", su establecimiento estuvo a cargo de la Dirección General de Conservación Vial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Manual de Inspección de Puentes, 2018) para la administración de los puentes de la red federal libre de peaje la cual tiene a su cargo. SIPUMEX tiende a calificar los puentes (Figura 1) en una escala de 0 a 5, con una calificación de 0 correspondiente a estructuras en perfecto estado que no requieren atención y una calificación de 5 a estructuras en estado crítico que requieren atención inmediata, puesto que se encuentra en una situación crítica, por ejemplo, el 5, después el 4 y así sucesivamente. Parte del personal de la Secretaría destaca la medición de la resistencia del concreto por procedimientos no destructivos, la determinación del hormigón mediante reactivos químicos: la cuantificación del avance de la corrosión mediante la medición de potenciales con una semi pila-galvánica, la auscultación de fallas por la técnica de impacto-eco y mediante la aplicación de pulsos ultrasónicos.

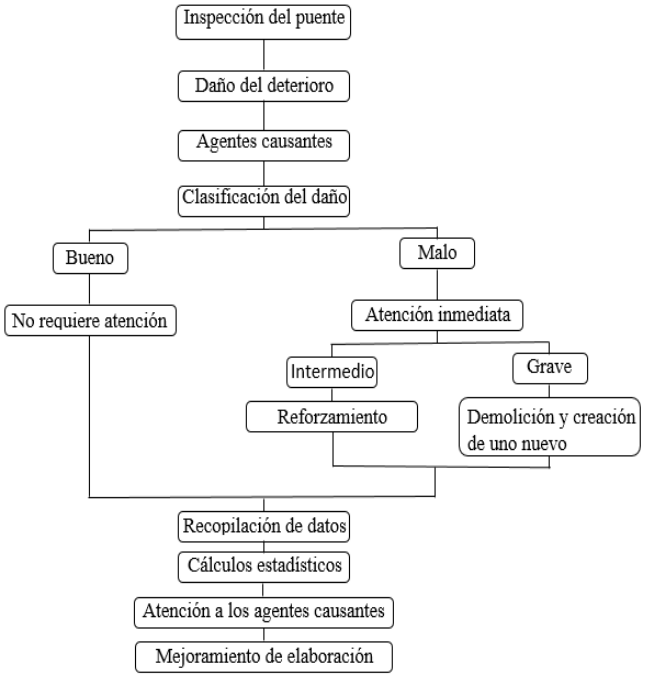


Figura 1. Evaluación de puentes.

Como siguiente sistema, el Instituto Mexicano de Transporte desarrolló un sistema nacional llamado ´´SIAP´´ (Sistema de Administración de Puentes) que se ha aplicado en algunas autopistas concesionadas de cuota y también en la red a cargo del Organismo descentralizado caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) (Manual de Inspección de Puentes, 2018). Estas entidades se han encargado de asegurar que las concesionarias implementen en la red a su cargo, un sistema de gestión de la conservación, que incluye un sistema de puentes. Las actividades que se han realizado han consistido principalmente en realizar un inventario y recopilar información para integrar el banco de datos. Es importante señalar que los puentes de la red de autopistas, por su modernidad, son en general más grandes y tienen estructuras más complejas que las de la red libre.

En su mayoría, los problemas que ocurren en los puentes, son causados por agentes naturales en los que la naturaleza intenta revertir el proceso artificial de fabricación de materiales de construcción y devolverlos a su estado original. El concreto (roca artificial) formado por agregados pétreos unidos con cemento y agua, sufre de agrietamiento y desconches, volviendo a convertirse en arena, grava y cemento separados, esto se debe a cambios de temperatura.

La aparición de vehículos cada vez más pesados en respuesta a la demanda de los transportistas que encuentran más lucrativa la operación de vehículos más pesados, explica la situación de daños en las estructuras de pavimentos y puentes, provocados por el aumento de tensiones. por el aumento del peso de las cargas rodantes y por la disminución de la resistencia por efecto de la fatiga estructural provocada por la frecuencia en la aplicación de estas cargas.

Se llevó a cabo una simulación de un puente en el software de AutoCAD donde se mostraron las partes importantes en donde a mayor frecuencia los defectos estructurales pueden ocurrir tales como: fisuras, grietas o fracturas en partes estructurales importantes como pilares y vigas, las fisuras por flexión son aquellas que generalmente se ubican en el área central del claro, incluyendo las áreas denominadas "momentos nulos", solo puede haber grietas inclinadas en la banda en las proximidades de los apoyos, sus grietas producidas por el estéreo cortante.

Las cargas están constituidas por los pesos propios de los materiales de todos los elementos que componen la superestructura, subestructura y cimentación, ya terminados. Incluye los pesos de: sistema de piso, elementos portantes, carpeta de calzada, parapetos, guarniciones, ductos, elementos complementarios, coronas y cuerpo de pilas o caballetes y el peso de zapatas, pilotes y cilindros o cajas de cimentación. En cuanto a los materiales que lo constituyen, pueden ser: concreto reforzado, concreto pres-forzado, acero estructural simple o pretensado y madera (Manual de inspección de puentes, 2018).

De cierta manera el proceso que se utiliza para un mayor conocimiento tiende a establecerse a las normas en las que lo especifican los regímenes gubernamentales, pues el principal dato que se debe tomar en cuenta es que la actual Norma Oficial Mexicana tiende al efecto. de la conservación de unidades en el Sistema Internacional (Tabla 1).

Tabla 1. Sistema Inglés (NOM, 2017).

	Sistema Inglés	Sistema General de Unidades de Medida	
Peso	1 lb	0,454	kg
Dimensiones	1 pie	0,3048	m
	1 pulgada	2,54	cm
Potencia	1 HP	0,7457	Kw
Momento de fuerza	1 Lb-pie	1,3558	N-m

La finalidad de esta Norma es la clasificación de vehículos, según su clase (Tabla 2).

Tabla 2. Vehículo o Configuración Nomenclatura (NOM, 2017).

Clase: Vehículo o Configuración	Nomenclatura
Autobús	B
Camión unitario	C
Tractocamion	T
Convertidor	D
Camión-remolque	C-R
Tractocamión articulado	T-S
Tractocamión doblemente articulado	T-S-R Y T-S-S

Teniendo en cuenta su clase, nomenclatura, número de ejes y neumáticos (Tabla 3).

Tabla 3. Características de los vehículos (NOM, 2017).

a)

Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas
B2	2	6
B3	3	8-10
B4	4	10

b)

Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas
C2	2	6
C3	3	8-10

c)

Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas
C2-R2	4	14
C3-R2	5	18
C2-R3	5	18
C3-R3	6	22

d)

Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas
T2-S1	3	10
T2-S2	4	14
T2-S3	5	18
T3-S1	4	14
T3-S2	5	18
T3-S3	6	22

e)

Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas
T2-S1-R2	5	18
T2-S2-R2	6	22
T2-S1-R3	6	22
T3-S1-R2	6	22
T3-S1-R3	7	26
T3-S2-R2	7	26
T3-S2-R3	8	30
T3-S2-R4	9	34
T3-S2-S2	6	22
T3-S2-S2	7	26
T3-S3-S2	8	30

Tabla 3. Características de los vehículos, en su nomenclatura, número de ejes y neumáticos, a) Autobús (B), b) Camión Unitario (C), c) Camión-remolque (C-R), d) Tractocamión articulado (T-S), e) Tractocamión semirremolque-remolque (T-S-R). Todos los camiones deben circular por carreteras y puentes de jurisdicción federal con luces encendidas permanentemente.

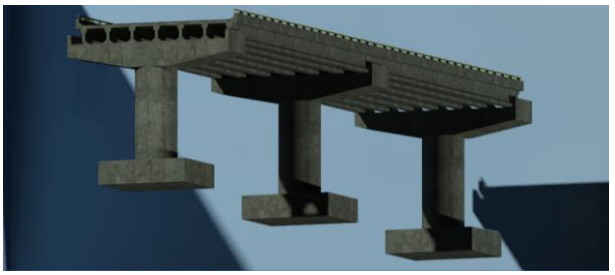
Las configuraciones T-S-R no incluirán semirremolques y / o remolques de tres ejes con eje retráctil, incluso cuando no se exceda el peso bruto máximo autorizado para estas configuraciones y el eje retráctil esté elevado. Las configuraciones vehiculares de tractor-semirremolque no pueden circular arrastrando un convertidor (Dolly) sin el semirremolque adjunto. Los autobuses, camiones unitarios (C) y tractores a partir de un peso bruto vehicular de 7.257 Kgs, deben tener un freno auxiliar. Los autobuses, los camiones unitarios (C), así como las configuraciones de camión con remolque (C-R) y articulada sencilla (T-S) deben tener un sistema de frenos antibloqueo. Los camiones unitarios, así como las configuraciones de camión-remolque (C-R) y articulada sencilla (T-S), deben tener cámaras de frenado de doble acción (estacionamiento y servicio) en todos los ejes, excepto el direccional, cuando están equipados. Los autobuses deben tener cámaras de frenado de doble acción (estacionamiento y servicio) en los ejes motrices, cuando estén equipados. Para las configuraciones de autobús, camión unitario y camión-remolque (C-R) y articulado simple (T-S), deben tener un sistema de ajuste automático de frenos. Las configuraciones camión-remolque (C-R) y tracto-camión articulado (T-S) deben tener espejos auxiliares en la parte delantera ubicados en las salpicaderas (guardabarros) y/o cubierta del motor,

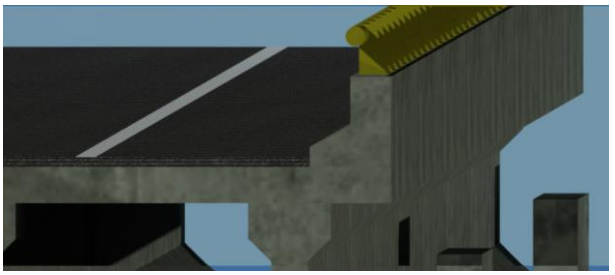
dependiendo del diseño de la carrocería o un elemento que permita la reducción de los puntos ciegos. Para vehículos con configuración de cabina sobre motor, pueden usar espejos auxiliares de acuerdo con el diseño del fabricante (NOM, 2017).
La red vial nacional, su importancia y características, la red vial mexicana se clasifica en: red federal, redes estatales, caminos rurales y brechas mejoradas.
Puentes federales: en las carreteras federales, el gobierno federal cuenta con todos los servicios.
Puentes estatales: Las redes estatales juegan un papel de gran relevancia para la comunicación regional, para vincular áreas de producción agropecuaria y para asegurar la integración de grandes áreas en diversas regiones del país.
Puentes municipales: Caminos rurales y los espacios mejorados, que son caminos modestos y generalmente sin pavimentar; su valor es más social que económico, ya que brindan acceso a pequeñas comunidades que de otro modo estarían aisladas.
Puentes concesionados: acto mediante el cual el Estado otorga a una persona el derecho a prestar un servicio público y a explotar bienes de dominio público, (NOM, 2017).
Esta ocasión se basará en un puente Paso Inferior Vehicular (PIV) cuya estructura se construye en un cruce de la carretera de referencia debajo de otra carretera y cuyas dimensiones están definidas por las características geométricas y rasante de ambas carreteras. Los materiales más habituales para su construcción son el concreto ya que son los más habituales y se componen de una combinación de cemento Portland, áridos pétreos, agua y aditivos para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. Estos pueden ser reforzados con varillas de acero (concreto reforzado) o con torones o cables de acero a los que se induce una carga de tracción (concreto pres-forzado) antes (pretensado) o después (postensado) de colocar el elemento.
Para la demanda que se presenta por las cargas vehiculares a las que está sometido un puente, es necesario considerar múltiples variables, tales como: configuraciones del vehículo, condiciones de carga y pesos brutos del vehículo, por lo que se utiliza un método de simulación que relaciona todas las variables. obtener las distribuciones probabilísticas de las cargas que imprime el tráfico vehicular.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pasaje analizado nos ofreció de cierto modo una pequeña introducción de algunas normas y reglas las cuales son de ayuda en la ingeniería civil, pero en este caso se adentró más en las estructuras de los puentes de vialidad y en el aspecto de cómo se distribuye las cargas y algunos aspectos de cómo el material es sin duda uno de los principales factores de grietas o fisuras las cuales se presenta en los puentes, los resultados que arrojen las formulas, está se harán los cálculos y establecerá una función de su distribución estadística. Se tomó en cuenta para la estructura de puente con hormigón pres-forzado, ya que de cierta manera en su aplicación es más fácil y se evita que en ocasiones se tenga errores, como vista previa el siguiente modelo de un puente, donde las vigas son tipo I las cuales son elaboradas de fábrica esto con el fin de acelerar el término del puente, ya que si se hacen en el lugar donde se desea llevarlo a cabo se alargaría el proceso, de esta forma también es de ayuda para la reducción de gastos puesto que solo se ensambla en las columnas y tiende al uso de grúas para su armando más práctico.
Un aspecto importante el cual no se debe de dejar por ningún motivo, es la revisión de la estructura del puente, ya que este tiende a estar en la intemperie entonces tiende a presentar daños naturales sobre sí mismo, un factor que muchas veces se ve o se nota, es que en los puentes están diseñados para soportar cargas de gran magnitud de acuerdo a su estructura hay unas de poca y de gran capacidad, entonces luego hay empresas que por más facilidad para ellas mandan unidades con cargas más grandes de las cuales ya están establecidas, entonces estas mismas hacen que los puentes sufran daños, en cambio si se lleva de manera adecuada su uso, este tendrá una vida más larga y establecerá confianza a los usuarios.
Las Figuras 2 y 3 muestra una vista inferior del puente, donde se puede apreciar como la calzada,

parapetos, guarniciones, ductos, guarniciones, ductos, elementos complementarios, coronas y cuerpo de pilas o caballetes y el peso de zapatas, cilindros de cimentación, donde la viga de concreto pres-forzado cuenta con las dimensiones como la muestra la Figura 4.


Figura 2. Vista inferior.


Figura 3. Vista de carril.

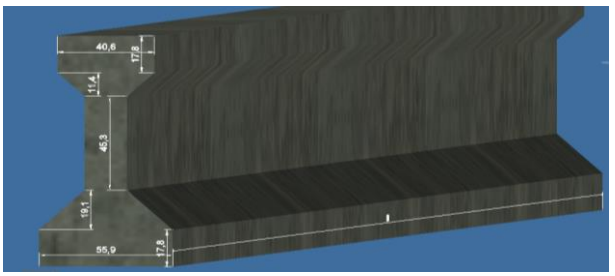
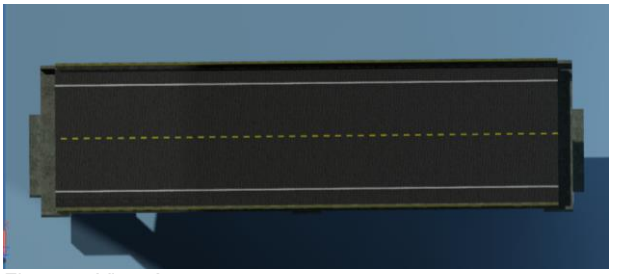
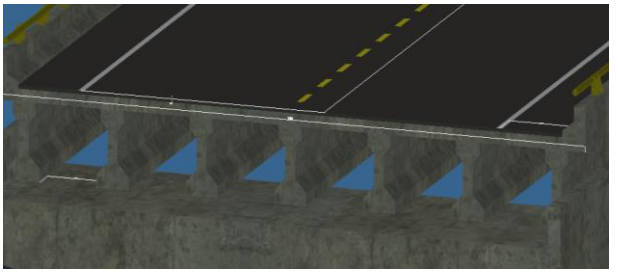


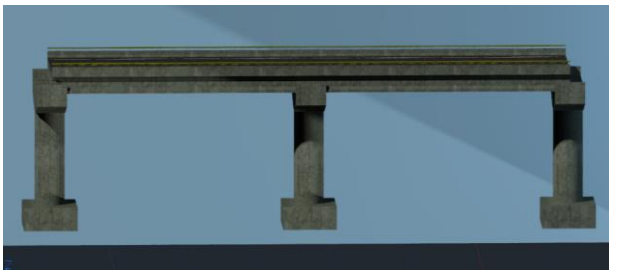
Figura 4. Tamaño de viga de concreto pres-forzado tipo I.

La Figura 5 muestra una vista área del puente mismo que se hizo de dos carriles con un mismo sentido, donde cuenta con un carril de baja y otro de alta velocidad, de esta forma circula un solo vehículo de carga se incorpora sobre el carril de baja velocidad y cuando pasan dos vehículos al mismo tiempo se ubica el más pesado en el carril de baja velocidad y cuando pasan dos vehículos al mismo tiempo se ubica en las pesado en el carril de baja y el más ligero en el de alta, sus dimensiones se muestran en la Figura 6.


Figura 5. Vista área.


Figura 6. Las dimensiones de cada carril son de 3.65m, dejando un espacio del parapeto a una distancia de 1.10m. Cada viga está a una distancia de 1.55 tomando el centro del puente como referencia y son un total de 7 vigas.

En vista lateral (Figura 7) el puente cuenta con cimientos o también conocidas como zapatas aisladas a una distancia de 22m, columnas a un peralte de 6m a partir de la parte superior de la zapata, donde sus distribuciones de cargas son puntúeles, de acuerdo a este tipo de puente, tiene un parapete de protección para que algún vehículo salga disparado hacia los voladizos.


Figura 7. Vista lateral.

La mejora de puentes tanto en sus cálculos los cuales nos determinan donde hay agrietamiento y en citaciones se puede apreciar a simple vista y también en el tipo de material el cual debe estar construido, de esta forma los puentes tendrán una mejor vida y de la misma manera se generará confianza a los usuarios.

V. REFERENCIAS

Ahmed H. (2020). Revisión de la evaluación de infraestructura civil no destructiva para puentes: plataformas robóticas de última generación, sensores y algoritmos. Departamento de Informática e Ingeniería. Estados Unidos.

ASSTHO (2017). AASHTO LRFD especificaciones de diseño de puentes. AportesIngeCivil. 8ª edición. Estados Unidos.

Bertola N.J. (2019). Una metodología para el diseño de sistemas de medición que combina información de excitaciones estáticas y dinámicas para pruebas de carga de puentes. Sonido. Estados Unidos.

Cal C.S. (2016). Efecto del ciclo de mantenimiento del pavimento sobre la confiabilidad a la fatiga de los puentes de vigas en I de acero con soporte simple bajo carga dinámica de vehículos. Dpto. De Ingeniería Civil y Ambiental. Estados Unidos.

Deng L. (2016). Efecto del ciclo de mantenimiento del pavimento sobre la confiabilidad a la fatiga de los puentes de vigas en I de acero con soporte simple bajo carga dinámica de vehículos. Laboratorio clave de ingeniería eólica y de puentes de la provincia de Hunan. China.

Gao Q. (2020). Un método basado en filtros de Kalman para diagnosticar la condición estructural de puentes de haz de luz media y pequeña durante breves interrupciones de tráfico. Escuela de Ciencias e Ingeniería del Transporte. China.

Hegger J. (2020). Ensayos de fatiga de refuerzo de cortante en vigas en T de hormigón pretensado de puentes. Instituto de Hormigón Estructural. Alemania.

Hillebrand M. (2020). Ensayos de fatiga de refuerzo de cortante en vigas en T de hormigón pretensado de puentes. Instituto de Hormigón Estructural. Alemania.

Huseynow F. (2017). Análisis de la prueba de carga en un puente de vigas en I compuesto. Health Monit. EUA.

Manh H. (2020). Revisión de la evaluación de infraestructura civil no destructiva para puentes: plataformas robóticas de última generación, sensores y algoritmos. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Estados Unidos.

Manual de inspección de puentes (2018). Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Dirección General de Servicios Técnicos. México.

NOM (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SCT2. Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales. México.

NOM (2017). NORMA Oficial Mexicana NOM-0120-SCT-2. Sobre el peso y dimensiones máximas con las que podrán circular los vehículos de transporte automotor que transiten en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. México.

Wang X. (2020). Un método basado en filtros de Kalman para diagnosticar la condición estructural de puentes de haz de luz media y pequeña durante breves interrupciones de tráfico. Instituto de Investigación Científica del Puente Ferroviario de China. China.

Sistema de capacitación virtual en equipos especializados

Autor: Cruz Rojas Ivan Daniel (018028655@upq.edu.mx)

Asesores: Ortega Bucio Lydia Gabriela (lydia.ortega@upq.mx), Ortiz Verdín Alondra Anahí (alondra.ortiz@upq.edu.mx), Dublán Barragán Brenda Santa (brenda.dublan@upq.edu.mx) y Zea Pérez José Marcos (marcos.zea@upq.mx)

Universidad Politécnica de Querétaro

El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de consulta y capacitación virtual en equipos especializados para la fabricación de productos automotrices. Será una aplicación móvil para dispositivos Android con la cual se escanea un código QR con el nombre de la maquina y una vez que se escanea te enseña la información de la máquina, una breve descripción de la máquina, el manual de usuario, manual de mantenimiento y videos para poder aprender a usar la máquina.

El desarrollo de la aplicación tuvo sus complicaciones, ya que para poder poner la información de las maquinas, se tuvo que utilizar Firebase, que es una base de datos de Google, y poder conectar la APP con el servidor, tuvo sus problemas. Pero al final se pudo lograr el desarrollo de la APP, 100% funcional con los documentos de las máquinas y los videos, aparte de que se realizó una página de autenticación en la cual te registras con tu correo institucional.

The objective of the project is to develop a system of virtual consultation and training in specialized equipment for the manufacture of automotive products. It will be a mobile application for Android devices with which a QR code is scanned with the name of the machine and once scanned it will show you the information of the machine, a brief description of the machine, the user manual, maintenance manual and videos to learn how to use the machine.

The development of the application had its complications, since to be able to put the information of the machines, it was necessary to use Firebase, which is a Google database, and to be able to connect the APP with the server, it had its problems. But in the end, the development of the APP was achieved, 100% functional with the documents of the machines and the videos, apart from the fact that an authentication page was made in which you register with your institutional mail.

La aplicación tiene como finalidad la de capacitar a las personas, de una forma rápida y sencilla, sin la necesidad de contar con alguna persona especializada, todo esto con el fin de que puedan utilizar máquinas con las que nunca han tenido contacto. Y que, con la ayuda de su teléfono, puedan aprender a utilizar cosas tan sencillas como unos lentes de realidad virtual, hasta algo mas complejo como un brazo robótico.

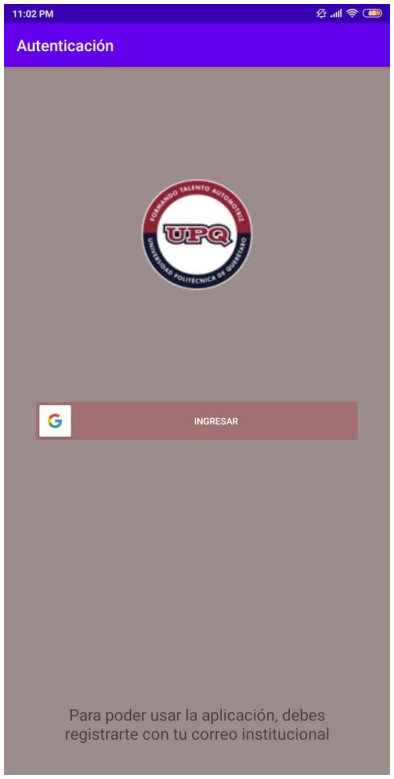
La aplicación te muestra los manuales de usuario, para que lo puedas leer y aprender a utilizarla, también cuenta con su manual de mantenimiento, por si lo tuvieras que hacer o por si hubiera ocurrido algún daño, y finalmente cuenta con videos en los cuales puedes aprender a utilizar la maquina desde cero, esto con ayuda de tutoriales que son recomendados para que puedas utilizar la máquina.

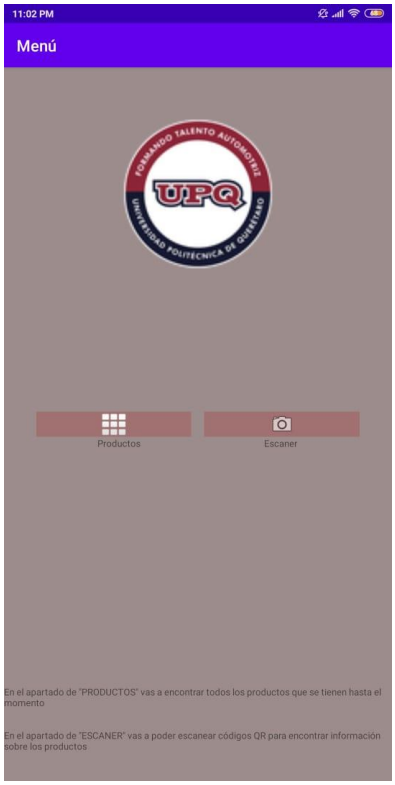
La aplicación cuenta con una interfaz sencilla para que las personas sepan como usarla sin tener ningún tipo de complicaciones, y esta dividida en dos secciones, la primera es una lista donde se encuentran todas las maquinas que se tienen registradas y la segunda es la parte del escáner QR, que cuando se escanea el código QR que se encuentra en la máquina, te lleva a su información general.

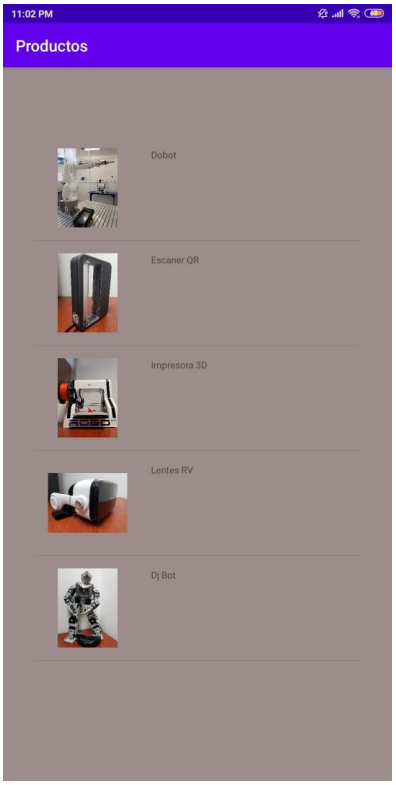
Se utilizo una base de datos para poder guardar la información, tanto de maquinas como de usuarios, para las maquinas se creó una “real time data base” que sirve para poder mandar a llamar las imágenes, documentos, videos, etc. de las maquinas, y de los usuarios, para poder llevar un registro de cuantas personas están usando la aplicación.

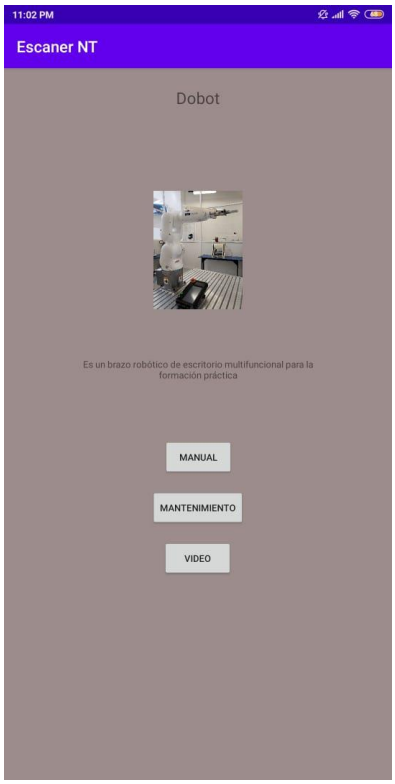
Santiago, R., & Trabaldo, S. (2015). Mobile learning: nuevas realidades en el aula. Digital-Text.

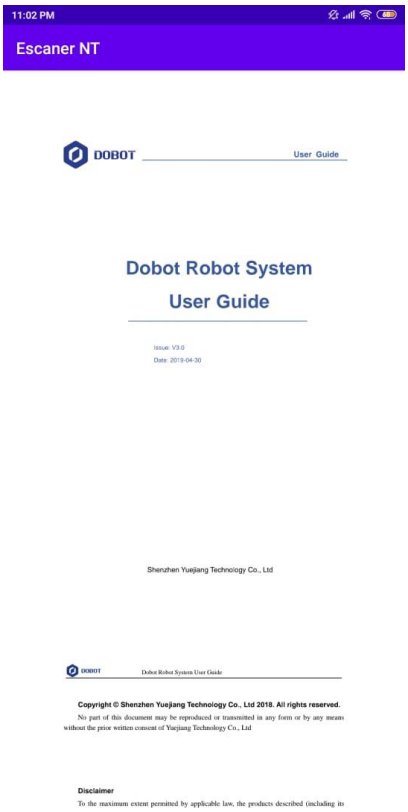
Resultados


11:02 PM
Autenticación
INGRESAR
Para poder usar la aplicación, debes registrarte con tu correo institucional


11:02 PM
Menú
Productos
Escaner
En el apartado de "PRODUCTOS" vas a encontrar todos los productos que se tienen hasta el momento
En el apartado de "ESCANER" vas a poder escanear códigos QR para encontrar información sobre los productos


11:02 PM
Productos
Dobot
Escaner QR
Impresora 3D
Lentes RV
Dj Bot


11:02 PM
Escaner NT
Dobot
Es un brazo robótico de escritorio multifuncional para la formación práctica
MANUAL
MANTENIMIENTO
VIDEO


11:02 PM
Escaner NT
DOBOT
User Guide
Dobot Robot System
User Guide
Issue: V3.0
Date: 2019-04-30
Shenzhen Yuejiang Technology Co., Ltd
Copyright © Shenzhen Yuejiang Technology Co., Ltd 2018. All rights reserved.
No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without the prior written consent of Yuejiang Technology Co., Ltd
Disclaimer
To the maximum extent permitted by applicable law, the products described (including its


11:03 PM
Escaner QR

Diseño de una presa de concreto para comunidades agrícolas.

Autor: Gachuzo Gachuzo Abigail Author[1]

[1]Departamento de Ingeniería Civil; Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, 76010, México. 4272296170, agachuzo16@alumnos.uaq.mx

Asesor: G.J Ríos-Moreno[2]

[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, 76010, México, riosg@uaq.mx.

Resumen.

El desborde de ríos, arroyos y canales en tiempo lluvioso genera grandes pérdidas económicas para familias, trabajadores y empresarios. Pero en épocas de calor donde no hay suministro de agua, se pierde un 40% de la cantidad de producción como mínimo de la cosecha de maíz. El propósito de esta investigación es diseñar una presa de concreto que, a través de un sistema de riego, lleve el agua de ríos, canales y arroyos a las diferentes regiones que rodean la presa para proporcionar riego a las actividades agrícolas, y evitar que estos lugares se puedan inundar en época de lluvias y así mismo tener una buena producción agrícola en época de sequía. La investigación e implementación del proyecto se llevó a cabo utilizando un método asociado a hidrogramas unitarios en cuanto a la distribución de la lluvia esperada en la superficie y en el tiempo del aguacero. La presa se construyó de concreto y el sistema de riego se realizó aplicando el método de goteo para evitar la evaporación de la humedad para evitar la degradación del suelo. El diseño de la presa y la canalización se planifico en Auto Cad. Los resultados muestran que la presa puede almacenar 188 Hm^3 de agua y es capaz de abastecer a tres comunidades con una cantidad de 200 Hm^2 durante el tiempo seco, además, que el cultivo de maíz en las comunidades agrícolas puede mejorar hasta en un 90% por el sistema de riego.

Palabras Clave:

Agricultura, presa, sistema de riego, impacto ambiental, economía, seguridad.

Abstract.

The overflowing of rivers, streams and canals in rainy weather generates great economic losses for families, workers and entrepreneurs. But in hot weather when there is no water supply, at least 40% of the production amount of the corn crop is lost. The purpose of this research is to design a concrete dam that, through an irrigation system, brings water from rivers, canals and streams to the different regions that surround the dam to provide irrigation for agricultural activities, and prevent them from places can be flooded in the rainy season and also have a good agricultural production in the dry season. The research and implementation of the project was carried out using a method associated with unit hydrographs in terms of the distribution of the expected rainfall on the surface and in the time of the downpour. The dam was built of concrete and the irrigation system was carried out applying the drip method to avoid the evaporation of moisture to avoid soil degradation. The design of the dam and the canalization was planned in Auto Cad. The results show that the dam can store 188 Hm^3 of water and is capable of supplying three communities with an amount of 200 Hm^2 during dry weather, in addition, that the cultivation of corn in agricultural communities can be improved by up to 90% by the irrigation system.

Key Words:

Agriculture, dam, irrigation system, environmental impact, economy, security.

1. Introducción.

De acuerdo a la Comisión Estatal del Agua (CONAGUA 2016) dos terceras partes del territorio mexicano se consideran áridas o semiáridas, con precipitaciones anuales menores a los 500 mm, mientras que el sureste es húmedo con precipitaciones anuales que superan los 2 000 mm por año. En la mayor parte del territorio la lluvia es más intensa en verano, principalmente de tipo torrencial mientras que el resto del año es relativamente seco.

De Acuerdo al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2019) el agua es uno de los recursos naturales más valiosos de cualquier país debido a los beneficios sociales y económicos que se derivan de su consciente explotación; sin embargo, junto con las ventajas existen también situaciones extremas tales como las inundaciones que según la Institución Nacional de Seguros (AGROASEMEX, 2019) provocan que se pierda un 40% en la cantidad de producción de la cosecha de maíz.

La construcción de presas se consideró la principal medida de gestión para controlar los riesgos de desastres naturales y almacenar agua (Chen et al., 2016). Son definidas como obstáculos de retención de agua y son utilizadas para gestionar y asignar agua a determinadas regiones (Briney, 2020).

La capacidad de almacenamiento de las presas del país es de aproximadamente 150000 hm^3. Este volumen varía de acuerdo a la precipitación y los escurrimientos en las distintas regiones del país, así como de las políticas de operación de las presas, determinadas por sus objetivos en el abastecimiento a los diversos usos y el control de avenidas. Para proporcionar el agua requerida a los diferentes usuarios nacionales, se dispone de más de 5 mil presas y bordos de almacenamiento, 16.5 millones de hectáreas con riego y 2.9 millones de hectáreas con temporal tecnificado. La localización de dichas presas sigue, entre otros factores, el régimen hidrológico de la corriente, la topografía y características geológicas del sitio, así como los usos a los cuales se destinará, entre ellos la generación de energía eléctrica, el abastecimiento público, la irrigación y el control de avenidas (CONAGUA, 2016).

Cuando la lluvia es escasa e infrecuente y la temperatura aumenta, la vegetación se desarrolla con dificultad. Las sequías son los desastres naturales más costosos, pues afectan a más personas que otras formas de desastre natural (CONAGUA, 2016). Como instrumentos del desarrollo, las presas permiten el manejo del agua orientado principalmente a la irrigación agrícola (Domínguez, 2019).

Los volúmenes de aguas nacionales se agrupan para fines prácticos en usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas y conservación ecológica) (CONAGUA, 2019). Al 2018 el 60.8% del agua para uso consuntivo provenía de fuentes superficiales (ríos, arroyos, lagos y presas), el resto de aguas subterráneas. Del total del volumen concesionado para usos agrupados consuntivos principalmente para riego, al 2018 el 75.7% le correspondía al agrícola (Figura 1) (CONAGUA, 2016).

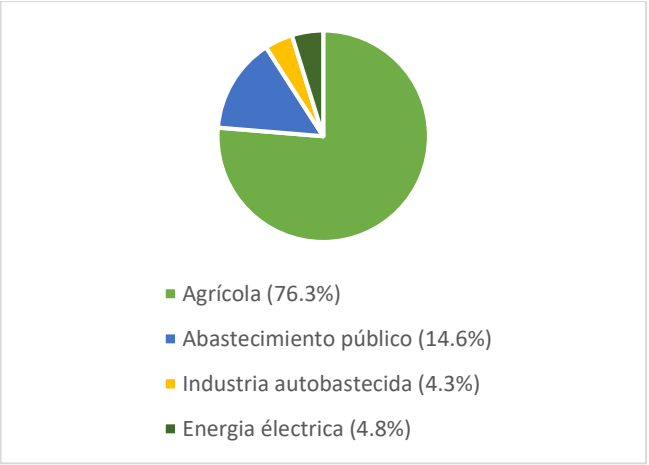


Figura 1. Distribución de volúmenes concesionados por usos agrupados consuntivos, 2015 (CONAGUA, 2016).

El sistema de conducción y distribución de agua es uno de los elementos más importantes de una zona. Esta red se diseña y construye para conducir el agua de un sitio a otro, de tal manera que llegue en la cantidad requerida para satisfacer las necesidades de los cultivos, la industria, los asentamientos humanos, la fauna silvestre, los sistemas de recreación y demás servicios que demandan este recurso y que se encuentran dentro del área de influencia de la zona de riego (García et al., 2016).

El maíz siendo el cultivo agrícola más importante en México; por cada año se siembran 8.5 millones de Hm^2, y su producción representa el 60 por ciento del total de granos producidos en el país. Por ello, este cultivo es uno de los pilares de la alimentación de los mexicanos (Espinosa et al., 2019).

El rendimiento en toneladas por hectárea de la superficie bajo riego es de 2.2 a 3.3 veces mayor que la superficie en régimen de temporal en la producción de maíz (CONAGUA, 2016).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos (CONAGUA, 2016), y sabiendo que estos son positivos para la implementación del proyecto, este se llevará a cabo mediante un sistema de riego por goteo, para aumentar la producción agrícola, y disminuir perdidas económicas por una baja producción. Así mismo, se evita la degradación del suelo, para obtener una buena cosecha, y el agua almacenada en la presa en tiempos lluviosos, no provoca inundaciones ante el desbordamiento de ríos, por el aumento del flujo en su caudal. El objetivo de la investigación es realizar el diseño de una presa de concreto que pueda almacenar 188 Hm^3 de agua y que, a través de un sistema de riego, lleve el agua de ríos, lluvia, canales y arroyos a las diferentes regiones que rodean la presa para proporcionar riego al cultivo de maíz, y evitar que estos lugares se puedan inundar en época de lluvias y así mismo tener una mala producción agrícola en época de sequía.

2. Consideraciones para la construcción de la presa, el sistema de riego y el cultivo.

2.1 Presa de concreto.

De acuerdo a la secretaria de Economía (SEECO, 2015) la norma NMX-AA-175-SCFI-2015, establece los requisitos que deben cumplir las presas para determinar su grado de riesgo o potencial de daños en la zona de posible inundación aguas abajo debido a la operación, falta de mantenimiento o de cuidado de las presas, por una descarga, o por falla parcial o total de la presa como se muestra en la Ecuación (1).

$$R_{N.S} \approx \rho_C \, x \, \rho_R \, x \, C_{N.S} \qquad (1)$$

Donde $R_{N.S}$ es el riesgo anualizado expresado en términos de pérdida de vidas (H) o en términos monetarios del daño ($), ρ_C la probabilidad anual de ocurrencia de una amenaza o acción que pueda causar la falla de la presa: carga hidráulica del embalse, carga sísmica, desbordamiento, entre otros, la ρ_R la probabilidad anual de ocurrencia de un mecanismo de falla o de la respuesta de la presa

dada la ocurrencia de ρ_C y $C_{N.S}$ las consecuencias de la falla de la presa.

La falla de una presa se puede determinar con la ecuación número dos como se muestra:

$$P = \frac{1}{i}\left[1 - \frac{1}{(1+i)^N}\right] S \quad (2)$$

Siendo P el valor futuro del bien, la i la tasa de descuento, la N la vida útil esperada del bien y S el valor anual de los servicios aportados de bien.

En la actualidad existen dos tipos de presas, las presas de aprovechamiento y las presas de defensa, la presa de aprovechamiento tiene la finalidad de almacenar agua en época de lluvias, mientras que la presa de defensa tiene como finalidad evitar inundaciones.
Se desarrollará una presa que cuente con ambas características la cual en el tiempo de lluvias almacene el agua y evite que las zonas se inunden, y así pueda ser utilizada en tiempos de sequía con distribución del agua por un sistema de riego al sector agrícola.

2.2 Sistema de riego.
El sistema de riego empleado será el riego por goteo, para evitar el desperdicio de agua por evaporización o escurrimientos.

2.3 Cultivo de maíz.

De acuerdo a la secretaria de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2015) en la norma NOM-002-SAG/FITO-2015, se establecen las características y especificaciones que deben reunir las etiquetas de certificación de la calidad de las semillas para siembra.

La semilla de maíz se puede clasificar en dos; semilla mejorada y semilla criolla, las cuales serán utilizadas dadas las condiciones climatológicas que se originen en la zona, puesto que la semilla de riego será utilizada en temporada de sequía donde el abastecimiento de agua vendrá del sistema de riego por goteo mientras que la semilla criolla será utilizada en tiempo de temporada de lluvias.

3. Metodología.

El enfoque de la investigación se consideró mixto, ya que considera datos cuantitativos para complementar la información cualitativa y alcanza una investigación correlacional puesto que el comportamiento de un sistema modifica el comportamiento del otro, considerando también que el diseño no fue experimental.

3.1 Ejidos de Vaquerías.
De acuerdo a la Secretaria del H. Ayuntamiento (2015), Vaquerías, Laguna de Vaquerías y salto de Vaquerías son tres comunidades pertenecientes al municipio de San Juan de rio y a la delegación de San José Galindo, ubicadas a 16.3 kilómetros, en dirección Oeste del municipio de San Juan del rio. Poseen un clima semi-seco templado, con mayor precipitación en los meses de mayo, junio, Julio, agosto, septiembre y octubre con grandes corrientes de agua durante la temporada. Al estar entre la zona centro sur y la zona centro norte del municipio, se caracterizan por tener tipos de suelo como son los vertisoles, feozem, planosol y litosol, en la región. El suelo más caracterizado para el desarrollo de la agricultura es el suelo vertisol y feozem por su alta cantidad de materia orgánica y su alto grado de fertilidad.

La presa de concreto fue ubicada en la comunidad de salto de Vaquerías por poseer mayores curvas de elevaciones, además de acuerdo a los registros de los ejidatarios de la comunidad respecto al análisis elaborado cada año en la época lluviosa, en el Salto de vaquerías es la parte en donde más agua se almacena debido a la desembocadura de las corrientes de ríos y arroyos.

La presa fue diseñada de tipo contrafuerte con un nivel máximo de 188 Hm^3con una cortina de concreto de 22 m de altura, 4.5 m en ancho de la corona y una longitud de 430 m, además posee tres compuertas que permitirán llevar el control de la salida de aguas abajo con desviación a las tierras de cultivo de maíz y un vertedero que permitiría el desagüe en caso de que alcance el volumen máximo operacional (Pérez, 2016). Los pasos a seguir para la construcción de la presa (Figura 2), deben de ser eficaces para garantizar la seguridad del pueblo que se encuentra guas abajo.

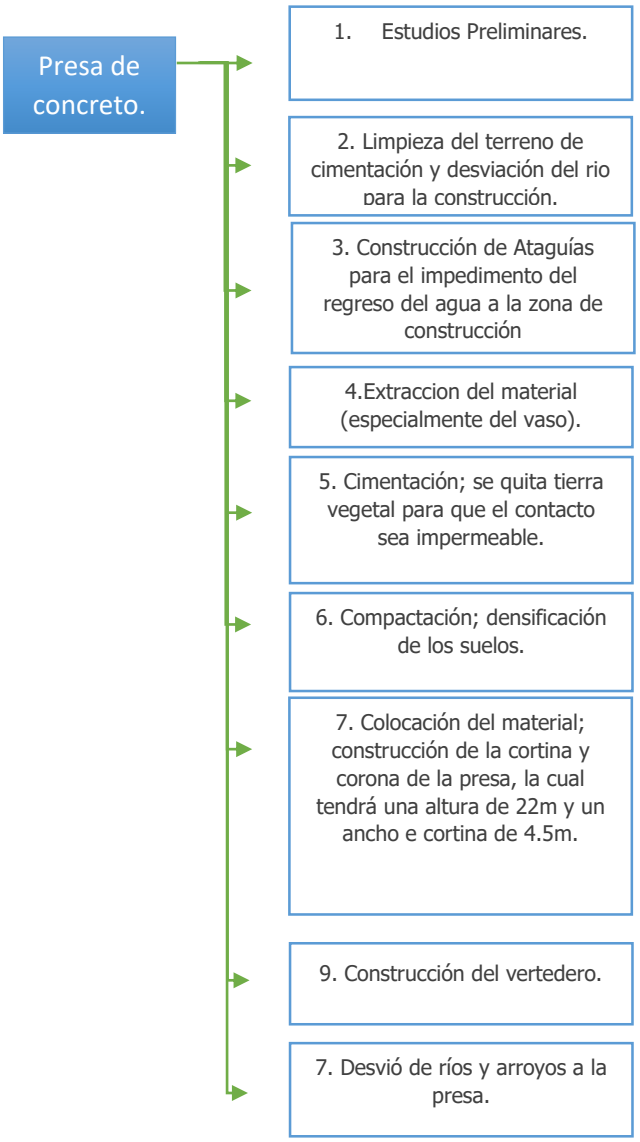


Figura 2. Construcción de una presa de concreto.

De acuerdo las precipitaciones obtenidas en el 2016-2018 de la Secretaria del H. Ayuntamiento, la presa se pude llenar en el tiempo de temporal, aproximadamente entre tres y cuatro meses según las condiciones de lluvia, así mismo este tiempo se considera el adecuado para que el nivel del agua no sobrepase el nivel de máximo operacional del embalse, y de esta manera se evite un riesgo a la comunidades ubicadas aguas abajo de la presa por inundación y una baja económica en cuanto a la producción de maíz de las poblaciones por una falla o ruptura en la presa.

De acuerdo a (Liotta, 2015) el sistema de riego por goteo fue el encargado de llevar el agua que desemboca de la presa en el vertedero a los cultivos de sembradío de maíz. El riego por goteo fue un sistema presurizado donde el agua se condujo y distribuyo por conductos cerrados que requirieron de presión. El sistema de riego por goteo de acuerdo a se compuso por: el equipo de bombeo, con tres bombas centrifugas aptas para regar 200 hectáreas, divididos una por cada comunidad, el sistema de filtrado, que evito la obstrucción del gotero, la unidad de fertilización, utilizada para inyectar al sistema fertilizantes de manera directa a través de la bomba del equipo, también se utilizó el manómetro para la medición de presión en los puntos del cabezal del campo, se requirieron tuberías de conducción, al sistema se le aplicó una presión de 10 kg/cm^3 por 3 horas al día. También fue de gran importancia el cabezal de campo, pues es el dispositivo encargado de controlar la salida del agua, por los laterales de riego.

Es importante considerar que la siembra planificada es de maíz, el cual es considerado como un cultivo que requiere una alta precisión durante la siembra. La distancia entre las hileras fue de 70 a 75 cm, considerando entre 7.5 y 9 semillas por metro lineal, para conseguir entre 7 y 8 plantas por metro lineal. Además, el momento de siembra dependió de la temperatura del suelo (idealmente no menor a 12°C), de las condiciones

que posee el suelo y de la variedad o hibrido que se sembró.

Según el tiempo, la siembra fue de semilla mejorada o semilla criolla. La semilla mejorada según los Registros de los ejidatarios de las comunidades, por hectárea se necesitaron 360 semillas mejoradas aproximadamente distribuidas equitativamente y con la separación ya mencionada durante el tiempo de sequía, donde la fuente de abastecimiento fue el sistema de riego proveniente del caudal de la presa. Por otro lado, la semilla criolla fue sembrada en tiempo de temporada de lluvia, y esta necesito una cantidad por hectárea de 132 semillas criollas, o como se es llamada en la comunidad, semillas de temporal.

De acuerdo a los registros obtenidos de los ejidatarios en modalidad anual sobre la producción de siembra criolla obtenida en las 200 Hm^2 durante el temporal, va de un 70 a un 80 % de ganancia en producción si la precipitación es favorable, y va de un 30 a 40 % de ganancia en producción si el temporal de lluvia no es bueno. Mientras que, para la siembra de semilla mejorada, abastecida por un sistema de riego, la ganancia en producción siempre va de un 90 a 95 %.

4. Resultados.

El diseño de la presa (Figura 3), con capacidad máximo operacional de 188 Hm^3, pudo abastecer a 200 Hm^2 pertenecientes a la comunidad de Vaquerías, Laguna de vaquerías y Salto de vaquerías durante la temporada de sequía para el cultivo de maíz con semilla mejorada mediante el sistema de riego por goteo, pudiendo obtener una producción de un 90% en cuanto a la cosecha de maíz. Además, el agua que sobro en la presa fue la suficiente para que esta se mantuviera con agua durante el año restante hasta la nueva temporada de lluvias.

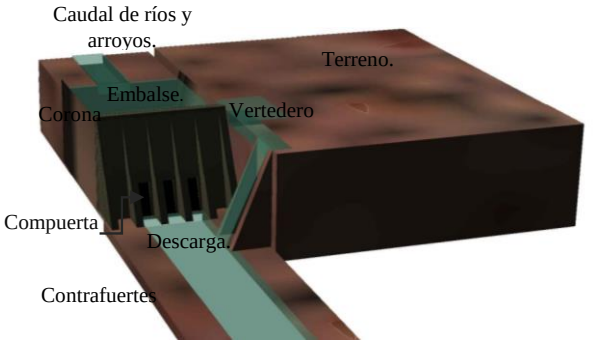


Figura 3. Modelo de presa de concreto.

Con ello el sistema de riego por goteo (figura 4), se considera que puede ser el adecuado para su utilización en el cultivo de la zona, además de que no es tan caro y se puede adaptar a la economía que se tiene en las comunidades. También se visualizó que, con este, la tierra mejoro pues la sequía no fue gran impacto al estar frecuentemente mojada según las condiciones del clima puesto que el sistema evita la evaporación el agua y así mismo una erosión del suelo. La producción del cultivo de la semilla criolla fue de un 70% debido a la temporada de lluvia que dio inicio con mayor frecuencia en el mes de junio y culmino en el mes de septiembre. Mientras que la de semilla mejorada pudo ser de un 90 % debido al sistema de riego. También se obtuvo que la presa casi alcanzó el nivel máximo durante esta temporada, debido al gran caudal que llevaban los ríos y arroyos que desembocaron en la presa. Además de que el asentamiento que tuvo la presa puede ser bueno, lo que origina que la población no se vea afectada por alguna desembocadura mayor en el vertedero que pude provocar inundaciones en las tres comunidades. Así mismo, las carreteras durante el tiempo lluvioso ya no se vieron afectadas por el gran caudal que pasa por los ríos y el vertedero fue el adecuado para controlar la capacidad de la presa y cubrir las necesidades agrícolas del ejido.

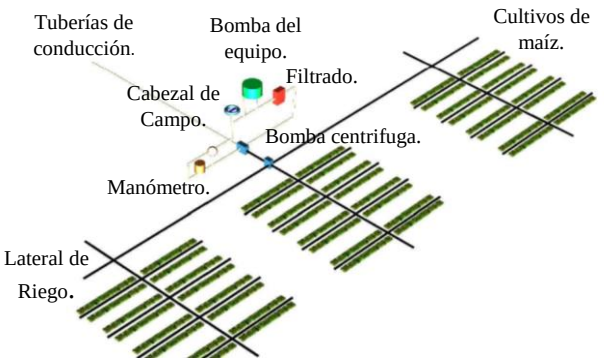


Figura 4. Modelo del sistema de riego.

5. Discusión.

Teniendo en cuanta que el objetivo fue diseñar una presa con una cortina de concreto que llevara el agua a las actividades agrícolas por un sistema de riego por goteo para aumentar la economía de los pobladores mediante el aumento de la producción de maíz por semilla criolla y mejorada, y los resultados hayan sido positivos se deduce que el objetivo se cumplió ya que el nivel de producción en el cultivo de maíz incremento al tener más posibilidad de sembrar no solo en tiempo de temporal sino en otros momentos del año donde las condiciones fueron las adecuadas mediante un sistema de riego por goteo, así la economía de los pobladores mejoró y las tierras ya no se vieron tan afectas debido a las sequias y cambios climáticos. También se considera importante que debido al efecto positivo que se originó en el proyecto se lleve a cabo una investigación con respecto al asentamiento de la presa y de las posibles afectaciones que pudiera llegara tener si el nivel del agua rebasar su máximo operacional, y con base a esto se le dé a la presa su mantenimiento para evitar que en se origine un falla, así mismo también es importante mostrar e informar a los encargados de las comunidades como se le debe de dar mantenimiento al sistema de riego para que no se pierda más agua de la esperada, o esta no llegue a su destino. Además, el saber sobre el tipo de semillas para sembrar maíz es una de los principales resultados positivos de obtener buen maíz, puesto que conocer las condiciones de las semillas, si vienen de un maíz sano, y con una buena atención durante el cultivo y el proceso de crecimiento se asegura con un 70% que el maíz obtenido será bueno y según el tamaño del grano y del color será el maíz obtenido, por ello se proponen investigar cada obtención de producción la calidad del grano para la próxima siembra.

6. Referencias.

Agroasemex, A. A. (2019). Rotacion de cultivos y seguros agrícolas. https://www.gob.mx/agroasemex/articulos/las-plagas-producen-perdidas-de-hasta-un-40-por-ciento-en-la-produccion-agricola-revela-estudio-de-la-fao?idiom=es

Briney, A. (2020, August 26). Dams and Reservoirs. https://www.thoughtco.com/dams-and-reservoirs-1435829

CENAPRED. (2019). Inundaciones. http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF

Chen, J., Shi, H., Sivakumar, B., and Peart, M. (2016, April). Population, water, food, energy and dams. ELSEVIER, 56, pp.18-28.

CONAGUA. (2016). Estadísticas del Agua en México. http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf

CONAGUA. (2019). Usos del agua. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua

Dominguez J. (2019). La construcción de presas en México. Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad a la

infraestructura hídrica. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792019000100003

Espinosa A., Gómez N., Sierra M., Betanzos E., y Caballero F. (2019). Variedades e híbridos de maíz de calidad proteínica en México. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/component/content/article/7/22-variedades-e-hibridos-de-maiz-de-calidad-proteinica-en-mexico.html

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presencia de la Nación. (2015). Manual de capacitación: Riego por goteo. 1ª ed. Edición especial. – Rivadavia: Marta Laura Paz. 22p.; 23 x 17 cm

Moncrieff, C. (2017). Developing better dams: a primer on strategic approaches to large water infrastructure. WWF Water Secur. Ser. 5, 1–65.

Pérez G. (2016). Manual de obras hidráulicas. https://www.academia.edu/37884336/MANUAL_DE_OBRAS_HIDRAULICAS

Secretaria de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2015). Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-002-SAG/FITO-2015. http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5418054

Secretaria de Economía. (2015). Operación Segura de Presas. Parte 1.-Análisis de Riesgo y Clasificación de presas (NMX AA 175 SCFI 2015). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166836/nmx-aa-175-scfi-2015.pdf

Secretaria del H. Ayuntamiento. (2015). Plan municipal del desarrollo. https://www.sanjuandelrio.gob.mx/files/2015_2018/CERTIFICACION_29_DE_DIC_DE_2015_5TO.pdf

SEMARNAT. (2016). Operación de Canales, Conceptos Generales. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/operacion-canales.pdf

Influencia del tipo de cemento Portland para los tiempos de fraguado

Arcelia M. García-Canseco[1], Juan B. Hernández Zaragóza[2], Teresa López Lara[3]

[1, 2,3] Universidad Autónoma de Querétaro
División de Investigación y posgrado Facultad de Ingeniería
arceliag117@gmail.com
bosco@uaq.mx
lolte@uaq.mx

Resumen

Éste estudio analiza los tiempos de fraguado de dos tipos de cementos mexicanos; un CPO 40B y un CPC 30, mediante la incorporación de diferentes contenido de agua con relación 0.30, 0.40 y 0.50. Se realiza mediante el uso del aparato de Vicat dando como resultado que a mayor relación de a/c la perforación de 25 mm puede llegar hasta los 606 min, mientras que el periodo de fraguado final oscila los 249 min. Estos tiempos pueden ayudar a estimar el tiempo de descimbre en las estructuras de concreto o el tiempo necesario para realizar el corte en los pavimentos rígidos, sin embargo la prueba es realizada en ambiente controlado de laboratorio siendo necesario analizar las temperaturas de colocación del concreto o mortero así como también analizar más tipos de cementos existentes dentro del área de la construcción en México para obtener mayores resultados.

Palabras clave: cemento, fraguado, tiempo, agua

Abstract

This study analyzes the setting times of two types of Mexican cements; a CPO 40B and a CPC 30, by incorporating different water content with a relationship of 0.30, 0.40 and 0.50. It is carried out using the Vicat apparatus, resulting in a higher w / c ratio that the 25 mm perforation can reach up to 606 min, while the final setting period oscillates 249 min. These times can help to estimate the demolition time in concrete structures or the time necessary to make the cut in rigid pavements, however the test is carried out in a controlled laboratory environment being necessary to analyze the temperatures of placing the concrete or mortar as well as analyzing more types of existing cements within the construction area in Mexico to obtain greater results.

Keywords: cement, setting, time, water

Introducción

La industria cementera mexicana oferta uno de los productos más importantes para la industria de la construcción: el cemento (Vásquez & Corrales, 2017). Éste es el producto de la calcinación de una mezcla íntima de materiales sílico-calcáreos, finalmente divididos, los cuales son sometidos a temperaturas de 1400 a 1450 °C para producir Clinker; este Clinker es finamente molido en presencia de yeso, para obtener finalmente lo que conocemos como Cemento Portland. (CEMEX, 2013).

La norma NMX-C-414-ONNCE clasifica los cementos de acuerdo a sus componentes como se muestra en la tabla 1,2 y 3.

Tabla.1 Tipos de cementos

Tipo	Denominación
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de Alto Horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con Humo de Silice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno

Tabla 2 Clase Resistente

20

30
30 R
40
40 R

Tabla 3 Características especiales

RS - Resistente a los sulfatos
BRA - Baja Reactividad Álcali agregado
BCH - Bajo calor de hidratación
B - Blanco

El cemento reacciona con agua a través de un proceso llamado hidratación. El proceso de hidratación produce calor, que en algunas ubicaciones del concreto puede provocar la expansión y grietas y es influenciado por factores tales como la relación agua-cemento, la temperatura de curado, la finura y composición química del cemento(Stutzman, et. al, 2011,Çakir & Aköz, 2008). Además, el grado de hidratación se caracteriza generalmente por el agua ligada a sustancias químicas (He,et. al, 2020) y esto da como resultado el fraguado y el endurecimiento del concreto (Dai et al., 2020). También la menor demanda de agua disminuye la relación agua/cemento, lo que hace que aumente la resistencia.

Por lo tanto, el fraguado se define como el inicio de la rigidez en el concreto fresco de cemento Portland y generalmente se considera un periodo de transición entre los estados de verdadera fluidez y rigidez. El fraguado inicial generalmente representa el tiempo aproximado cuando el concreto fresco ya no puede manipularse y colocarse adecuadamente, mientras que el fraguado final se aproxima al momento en que comienza el endurecimiento o el concreto comienza a desarrollar resistencia(Hu et. al., 2014) . El objetivo de este estudio es analizar los tiempos de fraguado de dos tipos de cementos mexicanos bajo diferentes relaciones agua cemento.

Antecedentes

Para los modelos de tiempo de fraguado se han desarrollado enfoques que incluyen modelos de tiempo de fraguado a partir del calor de hidratación(Schindler, 2004).El grado de hidratación de la pasta de cemento, es el alcance de las reacciones entre el cemento y el agua y se define como la relación entre la cantidad de cemento hidratado y la cantidad de cemento. Pan, et. al.,(2008) encontró que cada uno de los componentes del cemento tiene un grado e hidratación único, mientras que Roberto & Hover (1999) declararon que aunque el proceso de fraguado está influenciado por los efectos reológicos de la relación agua-cemento, agregados, vacíos de aire, sangrado y evaporación , el fraguado está influenciado principalmente por la hidratación del cemento.

Gaspar (1980) representa gráficamente (Fig.1) la resistencia a la penetración (en mm) de la aguja de Vicat a lo largo del tiempo de una pasta fabricada con cemento portland; en ella se aprecia la zona 1de periodo plástico, la zona 2el periodo de fraguado y la zona 3 al periodo de endurecimiento.

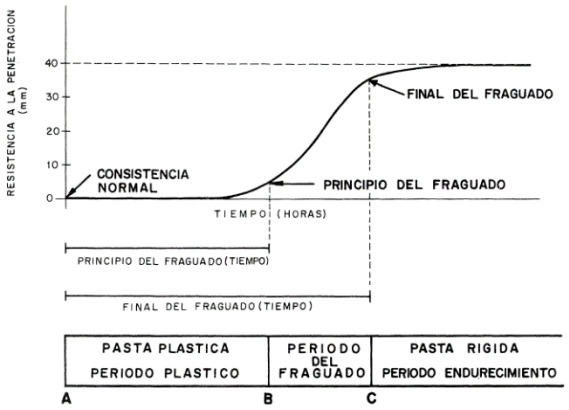


Figura 1 Resistencia a la penetración de una pasta de cemento(Gaspar, 1980)

Descripción del problema

El cemento producido en México por las empresas cementaras, es un producto reconocido mundialmente debido a que cumple los estándares internacionales de

producción y calidad(CANACEM). Sin embargo las características físicas pueden cambiar de acuerdo al tipo y marca de cemento, aun cuando las características del cemento Portland cumpla las resistencias establecidas. Por lo que es de vital importancia encontrar el punto en el que ocurre el fraguado final, ya que proporciona una estimación de cuándo comenzará el desarrollo de la resistencia y rigidez del concreto(Schindler, 2004).

Metodología

Se realiza un estudio experimental con dos tipos de cemento; CPC 30 gris (Fig.2a) y CPO 40B (Fig.2b) Blanco, cuyas especificaciones se muestran en la tabla 4:

Tabla 4 Especificaciones físicas

Clase Resistente	Resistencia a compresión (N/mm^2)			Tiempo de fraguado (min)	
	3 días mínimo	28 días mínimo	máximo	Inicial mínimo	Final Máximo
20	----	20	40	45	600
30	----	30	50	45	600
30 R	20	30	50	45	600
40	----	40	----	45	600
40 R	30	40	----	45	600

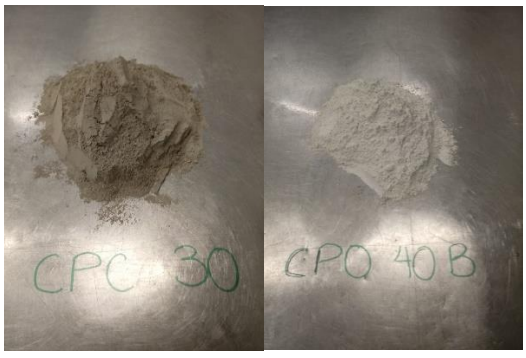


Figura. 2 a)Muestra de CPC 30 b)Muestra CPO 40B

Modelos de prueba y ensayo

Se realizaron mezclas de pasta de cemento utilizando 650 gr de cemento de cada tipo con dosificaciones de agua/cemento de 0.30, 0.40, 0.50; mezcladas con amasadora mecánica (Fig.3a) debido a que de esta manera se proporcionan pastas normales con menor contenido de agua dada mayor energía y regularidad de amasado; y también se eliminan los errores debido al factor personal de los operadores logrando la reproductibilidad y la repetibilidad de la prueba(Gaspar, 1980).

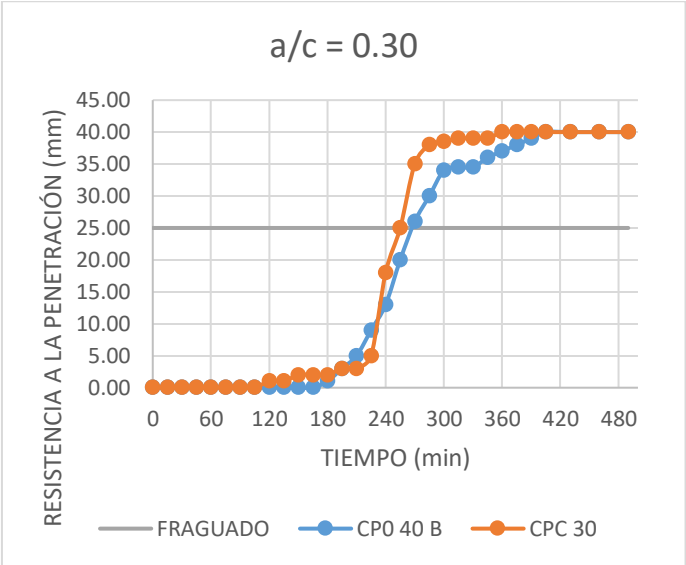
Una vez preparada la mezcla, se coloca en el cuarto húmedo (Fig. 3b) y posteriormente se realiza la prueba bajo el método del aparato de Vicat (NMX-C-059-ONNCE)(Fig.3c).



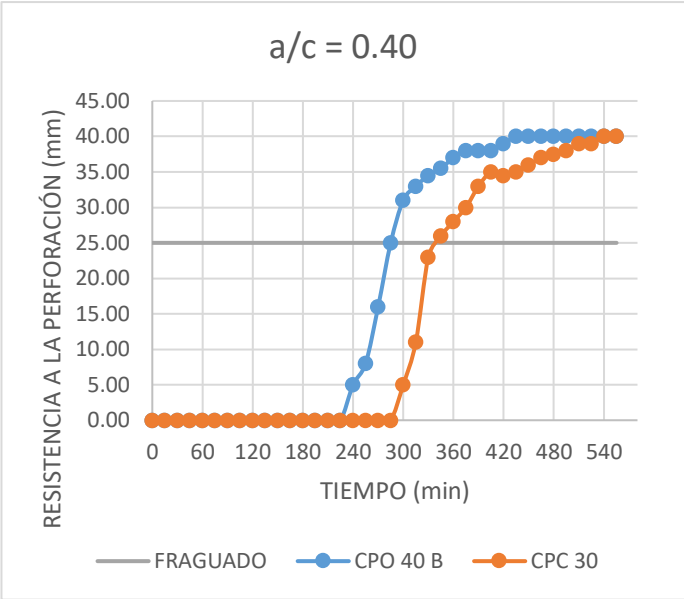
Figura 3 a)Mezcladora mecánica b)Cuarto húmedo c) Aparato de Vicat

Resultados

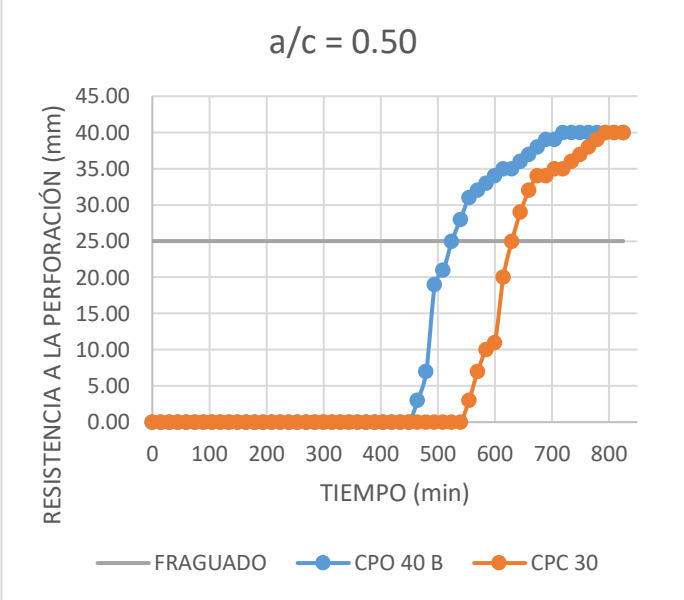
Los resultado obtenidos, se muestran en las gráficas 1-3



Gráfica 1 Tiempo de fraguado para una relación a/c =0.30

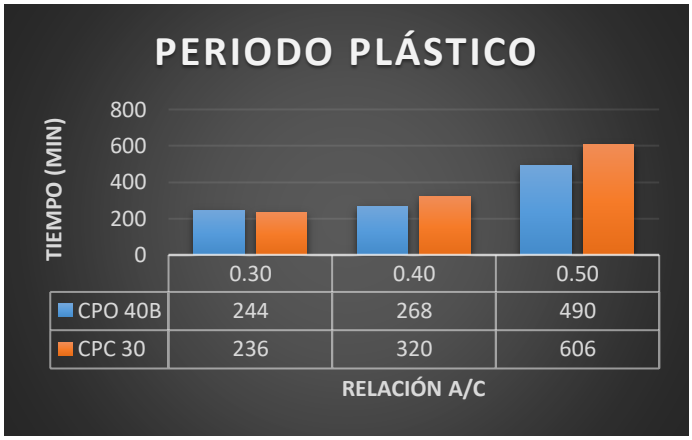


Gráfica 2 Tiempo de fraguado para una relación a/c=0.40

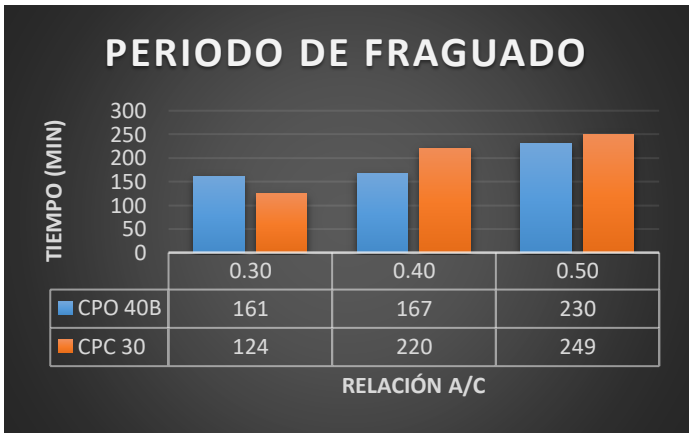


Gráfica 3 Tiempo de fraguado para una relación a/c =0.50

En donde se puede observar que los tiempos de fraguado varían considerablemente ante el incremento de agua. En la gráficas 4 se muestra la variación de los tiempos que transcurren desde el inicio de la prueba hasta su tiempo de fraguado inicial como lo indica el M-MMP-02-006 teniendo una perforación de 25 mm; y la gráfica 5 muestra el tiempo transcurrido desde el fraguado inicial hasta el final en los dos tipos de cemento.



Gráfica 4 Periodo plástico



Gráfica 5 Periodo de fraguado

Conclusiones

Una vez concluido el experimento se puede tener una apreciación de que el aumento de agua al cemento provoca que el tiempo de fraguado sea más lento y esa reacción varié de un cemento a otro, teniendo que la perforación de 25 mm pueda llegar hasta los 606 min, mientras que el periodo de fraguado final oscila los 249 min. Por lo que podría interpolar la relación a/c con la fórmula 1 (CPO 40B) y 2 (CPC 30) para el periodo plástico (fig. 6):

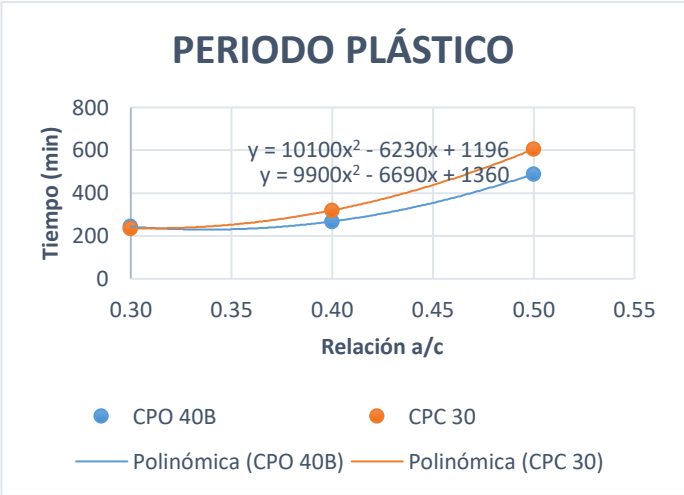
$y = 10100x^2 - 6230x + 1196$ (1)

$y = 9900x^2 - 6690x + 1360$ (2)

Donde:

x = relación a/c

y= tiempo para llegar al fraguado inicial



Gráfica 6 Tendencia del periodo plástico

Y para encontrar el tiempo de fraguado inicial (fig. 7) serán con la fórmula 2 y 3:

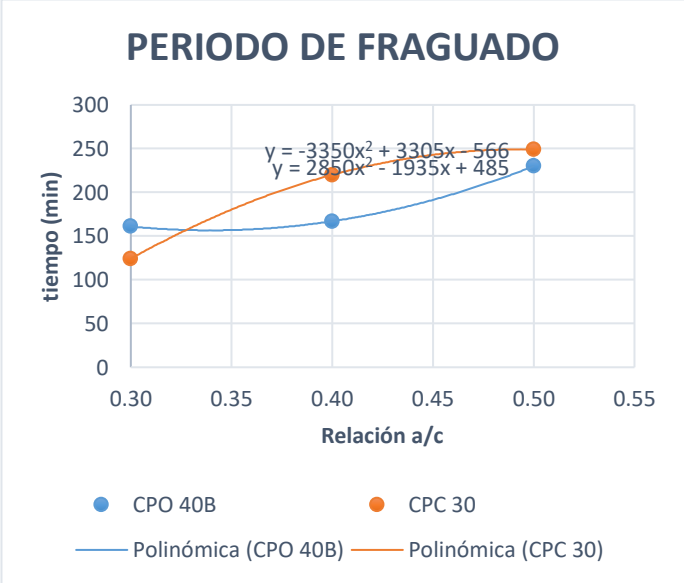
$y = -3350x^2 - 3305x - 566$ (3)

$y = 2850x^2 - 1935x + 485$ (4)

Donde:

x = relación a/c

y= tiempo para llegar al fraguado final



Gráfica 7 Tendencia del periodo de fraguado

Lo que en obra permitirá predecir el tiempo en que se pudiera descimbrar las estructuras o la realización del corte en pavimentos con sierra. No obstante, es necesario realizar experimentos con más tipos de cementos Portland existentes en el área de la construcción de México para analizar más resultados, como también considerar la temperatura a la que se coloca el concreto o mezclas de mortero, ya que esta prueba se realizó en un ambiente controlado de laboratorio.

Finalmente será necesario verificar que en obra se consideren los tipos de curado a utilizar, uno de los más recomendables es el uso de membranas húmedas que evitarán la pérdida de humedad en ambos tipos de cementos, controlando de esta manera la evolución de la resistencia.

Referencias bibliográficas

Çakir, Ö., & Aköz, F. (2008). Effect of curing conditions on the mortars with and without GGBFS. *Construction and Building Materials*, *22*(3), 308–314. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.08.013

CANACEM. (n.d.). CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO. Retrieved from https://canacem.org.mx/

CEMEX. (2013). Manual del constructor. *Manual Del Constructor*, 203. https://doi.org/10.4067/S0071-17132000003500023

Dai, J., Wang, Q., Lou, X., Bao, X., Zhang, B., Wang, J., & Zhang, X. (2020). Solution calorimetry to assess effects of water-cement ratio and low temperature on hydration heat of cement. *Construction and Building Materials*, (xxxx), 121222. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121222

Gaspar-Tébar, D. (1980). Normalización del cemento. Tiempo de fraguado: algunos comentarios sobre el método de ensayo. *Materiales de Construcción*, *30*(178), 39–57. https://doi.org/10.3989/mc.1980.v30.i178.1078

He, J., Long, G., Ma, K., Xie, Y., & Ma, C. (2020). Hydration heat evolution of Portland cement paste during unsteady steam curing process: Modelling and optimization. *Thermochimica Acta*, *694*(April), 178784. https://doi.org/10.1016/j.tca.2020.178784

Hu, J., Ge, Z., & Wang, K. (2014). Influence of cement fineness and water-to-cement ratio on mortar early-age heat of hydration and set times. *Construction and Building Materials*, *50*, 657–663. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.011

M-MMP-02-006. (2004). *Tiempo del fraguado de cemento por el Método de Vicat*.

NMX-C-059-ONNCE. (n.d.). *Industria de la construcción-Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (método Vicat)*.

NMX-C-414-ONNCE. (n.d.). *Industria de la construcción-cementos hidráulicos-especificaciones y métodos de prueba*.

Pan, L. S., Qiu, X. Q., Pang, Y. X., & Yang, D. J. (2008). Effect of water-reducing chemical admixtures on early hydration of cement. *Advances in Cement Research*, *20*(3), 93–100. https://doi.org/10.1680/adcr.2008.20.3.93

Roberto, P., & Hover, K. (1999). Application of Maturity Approach to Setting Times. *ACI Materiial Journal*, *96*(6), 686–691.

Schindler, A. K. (2004). Prediction of concrete setting. *Proceedings of the RILEM International Symposium on Advances in Concrete through Science and Engineering*, (334), 1–14.

Stutzman, P., Leigh, S., & Dolly, K. (2011). Heat of hydration for cement: Statistical modeling. *Transportation Research Record*, (2240), 1–8. https://doi.org/10.3141/2240-01

Vásquez, B., & Corrales, S. (2017). Industria Del Cemento En México: Análisis De Sus Determinantes. *Problemas Del Desarrollo*, *48*(188), 113–138. https://doi.org/10.1016/j.rpd.2017.01.006

Construcción, escalamiento y equipamiento de un canal experimental para análisis forense de inundaciones

María Fernanda González-Lagunas[1,] *, Miguel Ángel Sánchez-Quijano[1], Ivonne Monserrat Cruz-Paz[1], Alfonso Gutiérrez-López[2].

Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones del Agua, CIAQ Universidad Autónoma de Querétaro

Autor de correspondencia: mgonzalez179@alumnos.uaq.mx

Resumen

Los desastres en zonas urbanas provocan año con año daños a zonas urbanas de nuestro país. El crecimiento urbano de las ciudades aumenta el riesgo multi-amenaza provocado por fenómenos extremos. En México los daños por inundación son considerables. Es necesario aprender de estos desastres y estas tragedias. Una forma de aprender es analizando y reconstruyendo los hechos desastrosos. En este artículo se plantea una de las acciones estructurales para aprender de los desastres. Se plantea la construcción de un canal de pruebas que permita reconstruir diversas fallas de infraestructura hidráulica. Este canal permite llevar a cabo un análisis forense de diversas fallas en obras hidráulicas. Este canal está en funcionamiento actualmente y en operación.

Palabras clave: inundaciones, análisis forense, compuerta, canales, daños, desastres.

Abstract

Disasters in urban areas cause damage to urban areas in our country every year. The urban growth of cities increases the multi-hazard risk caused by extreme events. In Mexico, flood damages are important. It is necessary to learn from these disasters and tragedies. One way to learn is by analyzing and reconstructing the catastrophic events. In this article, it is proposed one of the structural actions to learn from disasters. It proposes the construction of a test channel that will allow the reconstruction of diverse hydraulic infrastructure failures. This channel allows carrying out a forensic analysis of diverse failures in hydraulic works. This channel is currently in operation.

Key words: flooding, forensic analysis, dam, channels, damage, disaster.

Introducción

La modelación física es una manera óptima de poder replicar los fenómenos de gran escala de la hidráulica e hidrológica. Por lo tanto, a pesar de existen modelos físicos (MF) que llevan más de 50 años de haberse realizado, existe la tendencia de realizar estos modelos con respecto a los modelos matemáticos, por la facilidad similitud con los fenómenos reales nombrados como prototipos (Schertzer & Lovejoy, 1987)

Sin embargo, la cuestión de fallo de presas son problemas hidráulicos complicados de modelar, y es posible que existan múltiples formas de realizar un proceso de este tipo (Fraccarollo & Toro, 1995). Por lo que es reconocible que los primeros modelos fueron desarrollados para la presa de Malpasset en Francia, ya que trajo consigo grandes problemas económicos. (González-Cao et al., 2020; Valiani et al., 2002)

Se requiere conocer que los eventos climáticos extremos generan daños por inundaciones, como la falla de la estructura e incluso de pérdidas de vidas humanas, presentándose con mayor escala si se presenta de grandes estructuras. La recurrencia de un evento de ruptura de presa o una violación de defensa estructural podría resultar en un rápido aumento del nivel del agua, lo que llevaría a una gran diferencia en el nivel del agua entre el interior y el exterior de los edificios (Liu et al., 2018).

Cuando se realiza un MF, existirán múltiples variables cuantificables y según Parsaie,

Azamathulla, & Haghiabi, actualmente en el 2020, es útil realizar análisis multivariado de los datos de tal manera que pueda parametrizar y generar una precisión en un modelo matemático, pues estos trabajan en conjunto.

Si se puede reconocer el patrón de flujo de un MF ayuda a los diseñadores a proponer una forma óptima para las estructuras hidráulicas. Es así que en la presa de Balaround fue un caso donde se logró igualar un modelo físico con un modelo matemático, y se pudo conocer el comportamiento del flujo de manera casi precisa (Dehdar-Behbahani & Parsaie, 2016).

El estudio del modelo físico de la disposición de derrames de la presa del proyecto hidroeléctrico Malana-II se llevó a cabo para garantizar la seguridad de la presa. La capacidad de descarga de los vertederos debajo de la esclusa y un aliviadero de desbordamiento se ha estudiado en sus operaciones individuales y conjuntas. Logrando la disipación de energía en el flujo (Ahmad, 2018).

Se demostró que la alta velocidad puede afectar la integridad de la estructura debido a la exposición prolongada. Por lo tanto, existen estudios para evaluar la velocidad específicamente en el disipador de energía en la cuenca de Chenderoh. En un Aliviadero de presas mediante análisis de modelos numéricos y físicos (Zaki et al., 2019).

El propósito de este modelo es investigar si el tirante de 40 cm propuesto es el apto o necesario para poder derribar un muro de tabique rojo recocido de 12 cm de espesor y una altura de 48 cm yendo de extremo a extremo dentro del canal; además de ver cuál es el acomodo final que los tabiques presentan una vez que la carga de agua impactó.

Método

Diseño y construcción del canal

Los experimentos fueron realizados en las propias instalaciones del Laboratorio de Hidráulica de la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma del estado de Querétaro. las cuales cuentan con un canal cuyas características son las adecuadas para este tipo de procedimientos.

El canal cuenta con dimensiones de ancho igual a 1.47 metros, una longitud total de 10.38 metros y altura de 0.755 metros, con una pendiente del 2%, la cual es considerada como la mínima para evitar estancamientos de agua.

Se cuenta con dos bombas existentes en las instalaciones, las cuales se encargan de abastecer y regular el flujo de agua a través del modelo. Las especificaciones correspondientes a cada una de ellas se presentan a continuación:

· ***Bomba #1:*** de modelo 14744198-100 y serie 4 01 14744198-9001 k 0005, provee de una eficiencia nominal de 90.2%, eficiencia mínima de 88.5%. Motor vertical de armazón 215 TP con aislamiento tipo F con temperatura máxima admitida de 155°C. Peso de 99.88kg.

· ***Bomba #2:*** de serie 54469118, trabaja a 1500 R.P.M, trifásica a 220 o 440 volts. Motor vertical de armazón 215 TP, TP con aislamiento tipo F con temperatura máxima admitida de 155°C.

Estos aparatos tienen como objetivo únicamente suministrar el volumen de agua requerido para el tirante deseado en el canal, cuando se tiene completo el almacenamiento estos paran su funcionamiento para que solo influya el comportamiento de la presión hidrostática generada por el tirante.

Sin embargo, previo a la realización de las pruebas, se hizo un acondicionamiento a las instalaciones de trabajo debido a la necesidad de tener el comportamiento de un cuerpo de agua de manera súbita, el cual consta en la modificación de la compuerta que permitiría retener el tirante de agua de 0.4 m de tirante.



Figura 1.- Modificación de canal para retención del caudal de entrada.

Esta modificación permite tener un caudal de entrada de 0.0613 m3/s además que se puede obtener la presión hidrostática generada hasta el fondo de la compuerta mediante el modelo estático de presión teniendo un valor de 400 kg/m2 que si te toma en cuenta el tirante y ancho del canal se obtiene la masa de 82 kg.

Debido a que esta masa parte del reposo, la velocidad con la cual se impacta contra el muro es de 0.4526 m/s, y el tipo transcurrido durante este fenómeno es de 2.8 segundos se puede estimar la aceleración que presenta y obtener así la fuerza necesaria para derribar el muro la cual es correspondiente a 41.19 N necesarios para afectar a un muro u otro tipo de estructura.

Con el fin de avalar los cálculos del escalamiento, se procede a construir un muro de contención al cual se le ejercerá la fuerza indicada. Para poder apreciar el comportamiento de desplazamiento del muro se tiende a enumerar cada uno de los bloques fueron colocados de la misma forma para tener el comportamiento del arrastre de este tipo de material por el efecto del caudal súbito (Figura 2).



Figura 2.- estructura la falla por efecto del caudal súbito y fuerza elevada por el comportamiento de tirante supercrítico.

Cabe destacar que la unión de la estructura no tiene ningún material de aglutinante pues realizar este tipo de procesos aumentaría el factor de escalamiento de la resistencia de la obra a valores por encima de lo real en un prototipo de obra similar.

Escalamiento hidráulico del canal

Los canales experimentales, como modelos hidráulicos de comportamiento físico, presentan sistemas simplificados de obras de ingeniería, que permitirán realizar observaciones y controlar mecanismos y condiciones con mucha mayor facilidad.

Según las características propias de los modelos, estos se pueden clasificar en:

a) respecto a su semejanza geométrica
b) respecto a la movilidad y deformabilidad del contorno.

Sin embargo, el enfoque principal se centra en afinidad geométrica, implicando que los modelos físicos reducidos deben ser similares al prototipo. Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos a escala “dos o más sistemas hidráulicos son semejantes si cumplen simultáneamente las condiciones de semejanza geométrica, cinemática y dinámica”, con cierto nivel de aproximación previamente adoptado. (Ortiz-Vera, 2015)

La similitud geométrica implica que se cumpla con una relación entre dimensiones homólogas del modelo y prototipo sean iguales. Dichos, son geométricamente similares si todas aquellas dimensiones que los componen en cada una de las direcciones de los ejes se relacionan mediante la misma escala de longitudes.

$$E_L = Lp/Lm \tag{1}$$

Donde: $Lp =$ Longitud del prototipo; $Lm =$ Longitud Homóloga del Modelo; E_L = Escala de Longitudes

La similitud cinemática existe en los movimientos del modelo y del prototipo si las partículas análogas llegan a puntos análogos en tiempos análogos. Por lo tanto, se obliga a que el modelo y el prototipo tengan escalas lineales, temporales y con esto, de velocidades.

$$E_v = \frac{vp}{vm} \tag{2}$$

$$E_T = \frac{Tp}{Tm} \tag{3}$$

Donde: E_v = Escala de Velocidades; E_T = Escala de tiempos.

Debido a que existe una escala de velocidades y tiempos, se cumple que exista una escala de aceleraciones.

$$Ea = \frac{ap}{am} = \frac{E_v}{E_t} \tag{4}$$

Donde: E_a =Escala de aceleraciones; ap =Aceleración del Prototipo; $am =$ Aceleración del Modelo: $E_v =$ Escala de velocidades; E_t =Escala de tiempos.

Por ello, si son conocidos los valores de escalamiento correspondientes a tiempo, velocidad y aceleración, se podrán conocer todas esas variables en puntos homólogos del prototipo.

Considerando así mismo la similitud dinámica, si dichas fuerzas son ejercidas por el fluido en puntos correspondientes del prototipo y modelo, mediante la existencia de un valor fijo de escala de fuerzas, se dice que se cumple dicha similitud. El hecho de que se presente dicha correspondencia dinámica implica que existan también las dos anteriores.

Las fuerzas que actúan sobre la partícula son estudiadas a través de una poligonal, la cual debe de ser geométricamente similar y ser un factor constante.

Dicha poligonal de fuerzas ejercida sobre las partículas del fluido está compuesto por:

1) Fuerza debida a la fricción
2) Fuerza por tensión Superficial
3) Fuerza de gravedad o peso específico
4) Fuerza de inercia

Si la suma de todas las fuerzas componentes más la de inercia no es igual a cero, la partícula se aceleraría. De la misma forma que se puede demostrar, que, si es igual a cero, esta se encuentra en equilibrio:

$$Fg + Fp + F\upsilon + F\delta + EL^2 + FI = 0 \tag{5}$$

Entonces:

$$Fg = mg = \rho L^3 g \tag{6}$$

$$Fp = (\Delta p)A = (\Delta p)L^2 \tag{7}$$

$$Fv = \mu(\frac{dv}{dy})A = \mu vL \tag{8}$$

$$F\sigma = \sigma L \tag{9}$$

$$FI = ma = \rho L^2 v^2 \tag{10}$$

Donde, m es masa del cuerpo; $g$es la aceleración de la Gravedad; $\rho =$ Densidad del Fluido; $L =$ Longitud; p =Diferencia de presión; $A =$ Área; $\mu =$ Viscosidad dinámica; $\sigma =$ Tensión Superficial; $a =$ Aceleración: $\frac{dv}{dy} =$ Gradiente transversal de Velocidades; $v =$ Velocidad; E =Módulo de Elasticidad.

La semejanza dinámica implica que se cumpla que todos los escalamientos de las fuerzas sean iguales. Los cocientes entre las fuerzas dadas en las ecuaciones se encargan de definir los parámetros dimensionales de más renombre en el área de la hidráulica, teniendo que:

$$EF = \frac{Fgp}{Fgm} = \frac{Fpp}{Fpm} = \frac{Fvp}{Fvm} = \frac{FIp}{FIm} = \frac{F\sigma p}{F\sigma m} \tag{11}$$

Cabe mencionar que las características adimensionales propias de los fluidos, tales como:

1) Número de Reynols
2) Número de Froude
3) Número de Euler

Presentan la misma relación de datos pertenecientes al modelo y prototipo. Sin embargo, lo que se está tratando de realizar es la reproducción de un fenómeno en secciones geométricas idénticas a escala, lo que se espera es que las características dimensionales sean exactamente las mismas y la relación de escalas sea unitaria.

Sin embargo, en un canal rectangular, un flujo no muy lento en torno al crítico o súper crítico, se presentan en todas las secciones valores altos del número de Reynolds, superiores a los 10000 en el modelo y se tiene que:

$$E_{Nr} = \frac{E_v E_L}{E_\mu} = E_v E_L > 1 \tag{12}$$

Donde: $E_{Nr} =$ Escala del Número de Reynolds; $E_v =$ Escala de Velocidades; $E_L =$ Escala de Longitudes; $E_\mu =$ Escala de Viscosidades dinámicas

Al ser la razón de viscosidad unitaria, debido a que circula agua tanto en el prototipo como en el modelo, así como la razón de velocidades y longitudes también es mayor a la unidad. Es por ello que el número de Reynolds en un punto del prototipo siempre será mayor al del modelo en ese mismo punto.

Las razones de velocidades, tiempo y caudal empleadas están dadas por las siguientes expresiones dadas: (Cisneros Contreras, 2017; Sánchez Quijano, 2018)

$$E_v = \sqrt{E_L} \tag{13}$$

$$E_T = \sqrt{E_L} \tag{14}$$

$$E_Q = {E_L}^{5/2} \tag{15}$$

Donde: E_v= Escala de Velocidades; E_T= Escala de Tiempo; E_Q= Escala de Caudales; E_L= Escala de Longitudes.

Instrumentación del canal

Para el equipamiento del canal se construyó un sensor ultrasónico de registro de datos a tiempo real.

Para ello se utilizó el sensor HC-SR04, basa su funcionamiento en la emisión de pulsos ultrasónicos mide el tiempo empleado por el sonido en su trayecto de un emisor a un receptor. El sensor envía breves pulsos ultrasónicos de al menos 20 kHz, estos pulsos son reflejados en la superficie del líquido. La velocidad del sonido es constante y al conocer el tiempo que tarda el sonido del emisor al receptor se calcula la altura en el canal. Además este sensor ofrece una detección de alta precisión, lecturas estables y su funcionamiento no se ve afectado por luz solar u objetos oscuros.

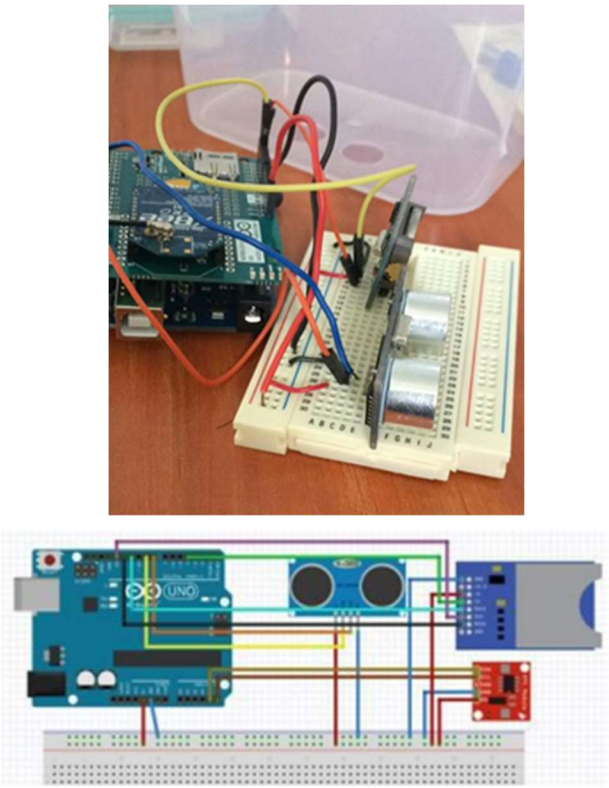


Figura 3 .- Conexión del sistema Arduino con el sensor ultrasónico

Resultados y Discusión

Escalamiento hidráulico y cinemático del fenómeno

La selección de las escalas lineales tanto horizontales como verticales, se realizan de manera independiente, teniendo siempre en cuenta que el modelo deberá de resultar siempre lo más grande posible. Al momento de operarse el modelo, se trató de que el efecto de escala fuera el más reducido posible, buscando que no haya pérdida en la esencia de la réplica del fenómeno a gran escala.

De acuerdo con la tabla de escalas lineales comunes, para modelos hidráulicos de estabilidad de estructuras bajo la acción de olas se tiene:

a) A dos dimensiones: de 1:20 a 1:60.
b) a tres dimensiones: de 1:40 a 1:80.

Aplicables a modelos sin distorsión de fondo fijo. Propiamente se recomienda de 1:30.

El canal cuenta con dimensiones de ancho igual a 1.47m, resultado de restar a la Cota V de longitudes de vista en planta en la Tabla 2, dos veces la cota A, siendo el espesor de muro, área no conformante de la sección transversal del canal por la cual el agua será conducida.

Las cotas referentes a la Tabla 1, corresponden a la longitud total del canal (Cota E) y la altura del muro de contención (Cota C).

Debido a que la escala recomendada aplicables a modelos sin distorsión de fondo fijo corresponde a 1:30, la estimación de las longitudes del prototipo serán treinta veces las longitudes del modelo.

La tabla 1 y la tabla 2, muestran las comparaciones de ambas magnitudes, en las cotas de mayor relevancia.

Tabla 1.- Longitud de la vista en corte

Longitudes de Corte		
Cota	Long. Del Modelo (m)	Longitud del Prototipo (m)
C	0.755	22.65
E	10.38	311.4

Tabla 2.- Longitud de la vista en Planta

Longitudes en Planta		
Cota	Long. del Modelo (m)	Longitud Prototipo (m)
A	0.155	4.65
V	1.765	52.95

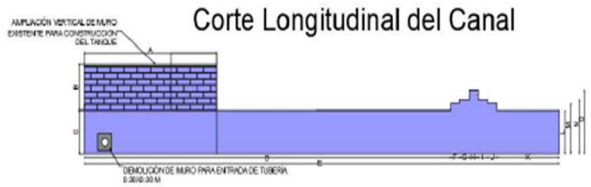


Figura 4.- Vista en corte del canal

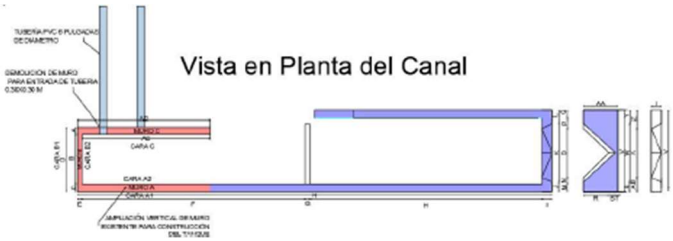




Figura 5.- Vista perspectiva y en Planta del canal

Por medio del análisis de similitud geométrica, se obtuvo que en ambos casos (del modelo empleado y el prototipo)

Escalamiento hidráulico y cinemático del fenómeno

El MF se empleó con el fin de conocer las características del comportamiento del flujo en el canal, junto con los daños ocasionados este fenómeno en el lugar

Mediante la semejanza dinámica y las ecuaciones mencionadas se tiene un valor igual del número de Froude equivalente a 2.11, caracterizado el flujo como supercrítico. La razón unitaria existente permite dar paso al cálculo de la serie de magnitudes que caracterizan el fenómeno existente.

La fuerza del agua necesaria para derribar el muro en un tiempo de 2.8 s en el modelo es equivalente a 41.18 Newtons. Es importante aclarar que este valor se obtuvo con la carga de agua de 0.4 metros y con el mismo acomodo de los ladrillos para la creación del muro. Por otra parte, si se incrementa el tirante, se cambia el tipo de material del muro, la rugosidad aportada por el revestimiento del canal, o la manera en la que las piezas fueron ordenadas, se debe de esperar otro resultado.

Usando las razones de velocidad, tiempo y caudal, se obtienen con la misma metodología se obtiene para el prototipo una fuerza Fp=1,112.48 KN efectiva proporcionada por un caudal equivalente a $302.17m^3/s$, para replicar con éxito el fenómeno a una escala superior, en un tiempo estimado de 15.33 segundos.

Simulación del rompimiento de estructuras y ejemplo de aplicación

Dado las características del comportamiento hidráulico y cinemático del fenómeno, junto con la forma que se presenta la construcción del muro, se obtiene una falla cuyo desplazamiento y arrastre supera los dos metros de longitud, si se realiza el escalamiento geométrico se tendría un valor de 60 m (figura 6), lo que en generar un resultado que puede causar grandes problemas de inundaciones. En esta figura se puede apreciar una falla inducida a un muero de mampostería que simula una barda en alguna zona urbana. La destrucción de la barda y la distribución de los escombros nos permiten reconstruir con los sensores y los videos tomados, paso a paso y en cámara lenta cómo ocurrió el

rompimiento. Los sensores nos permiten conocer los niveles de agua y por consecuencia la energía con la que el agua golpea la barda. Es importante comentar que en este canal se ha provocado ya diferentes configuraciones de cortinas de presas y de diversas estructuras hidráulicas. También se controla con la apertura de la compuerta si se trata de un escurrimiento súbito o si la falla es producto de una descarga controlada.



Figura 6.- Resultado de una falla inducida en el canal

Si bien se debe tener en cuenta otros factores, es recomendable instrumentar con otros variables para generar un resultado más acertado.

Conclusiones

Toda esta variedad de condiciones que pueden reproducirse en este canal experimental permite reproducir y modelar de manera física las condiciones de rompimiento y falla de obras hidráulicas, principalmente urbanas. En este canal se está trabajando en la reconstrucción de la falla en el canal que provocó la inundación del Campus Amazcala de la UAQ en 2017. Se pretende que este canal pueda también ser utilizado por diversas Aseguradoras que pudieran reconstruir fallas de obras civiles que son susceptibles a pagos por indemnización. Como se ha comentado este canal experimental se considera un avance en la hidráulica mexicana, es el único en su tipo en nuestro país y sin duda ayudará a comprender y evitar futuros daños provocados por el rompimiento de obras hidráulicas.

Referencias

Ahmad, Z. (2018). Physical model study of spilling and energy dissipation arrangements of Malana Dam, Kullu, India. 7th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures, ISHS 2018, 35934, 705–714. https://doi.org/10.15142/T35934

Cisneros Contreras, I. P. I. (2017). Estudio en Modelo Físico de las Características del Punto de Incepción del Vertedor Escalonado de la Presa de Almacenamiento Zapotillo.

Dehdar-Behbahani, S., & Parsaie, A. (2016). Numerical modeling of flow pattern in dam spillway's guide wall. Case study: Balaroud dam, Iran. Alexandria Engineering Journal, 55(1), 467–473. https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.01.006

González-Cao, J., García-Feal, O., Fernández-Nóvoa, D., & Moncho Gómez, G. (2020). Iber+ : A New Code to Analyze Dam-Break Floods. In F. Fernandes, A. Malheiro, & H. I. Chaminé (Eds.), Advances in Natural Hazards and Hydrological Risks: Meeting the Challenge, Advances in Science, Technology & Innovation. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34397-2

Liu, L., Sun, J., Lin, B., & Lu, L. (2018). Building performance in dam-break flow–an experimental study. Urban Water Journal, 15(3), 251–258. https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1433862

Ortiz-Vera, O. (2015). Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica. Tecnologia y Ciencias Del Agua, 6(4), 25–44.

Sánchez Quijano, M. A., Miguel Gónzalez, C., & Gutierrez-Lopéz, A. (2018). Modelación hidrológica de la rotura de presa utilizando el software IBER. Revista NTHE, 24(ISSN: 2007-9079), 34–40.

Schertzer, D., & Lovejoy, S. (1987). Physical Modeling and Analysis of Rain and Clouds by Anisotropic Scaling Multiplicative Processe. Journal of Geophysical Research, 92, 9693–9714.

Valiani, A., Caleffi, V., & Zanni, A. (2002). Case Study: Malpasset Dam-Break Simulation using a Two-Dimensional Finite Volume Method. Journal of Hydraulic Engineering, 128(5), 460–472. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2002)128:5(460)

Fraccarollo, L., & Toro, E. F. (1995). Experimental and numerical assessment of the shallow water model for two-dimensional dam-break type problems. Journal of Hydraulic Research, 33(6), 843–864. https://doi.org/10.1080/00221689509498555

Zaki, S. A. A., Hassan, N. H., Zawawi, M. H., Abas, M. A., Mazlan, A. Z. A., Zainol, M. R. R. M. A., & Radzi, M. R. M. (2019, November). Numerical and Physical Model Analysis Comparison for Velocity of Water at Spillway. In International Conference on Dam Safety Management and Engineering (pp. 408-416). Springer, Singapore.

Estudio de la erosión y perdida del suelo por lluvia de huracanes en México. Aplicación a Querétaro

Hidrología-UAQ Grupo 12 (Gustavo Hernández Ramos)

Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones del Agua, CIAQ Universidad Autónoma de Querétaro

Autor de correspondencia: gustavo.hera@outlook.com

Resumen

Los huracanes afectan cada año las costas de la república mexicana. Las acciones para preservar reservas ecológicas, zonas protegidas y planes de manejo forestal se ven afectadas por los daños ecológicos que provocan las rachas de viento y las lluvias huracanadas de estos eventos extremos. Actualmente en Latinoamérica y el Caribe, pocos son los datos de lluvia al minuto que pueden recolectarse durante el paso de huracanes. Son más frecuentes los registros de lluvia acumulada en 24 horas. Sin embargo, la lluvia diaria no permite por ejemplo, evaluar la posible erosión de suelos. Con datos de 20 años en promedio, en 188 Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) que monitorean lluvia a cada 10 minutos; se construyeron curvas de Huff para todo el territorio mexicano. Con un procedimiento de regionalización hidrológica se encontraron regiones hidrológicamente homogéneas. Los resultados permiten obtener los hietogramas de precipitación para cualquier duración; antes, durante y después del paso de un huracán; en cualquier sitio del territorio mexicano. El procedimiento propuesto se valida calculando el factor erosivo de la lluvia provocada por el huracán Hilary en agosto de 1993. Los resultados se extrapolan a la cuenca del río Querétaro.

Palabras clave: inundaciones, huracanes, erosión, daños, desastres.

Abstract

Every year, hurricanes affect the coasts of the Mexican Republic. Actions to preserve ecological reserves, protected areas and forest management plans are affected by the ecological damage caused by the gusts of wind and hurricane rains of these extreme events. Currently in Latin America and the Caribbean, few are the minute rainfall data that can be collected during the passage of hurricanes. More frequent are the records of accumulated rainfall in 24 hours. However, daily rainfall does not allow for the assessment of possible soil erosion, for example. With data from an average of 20 years in 188 Automatic Weather Stations (AWS) that monitor rainfall every 10 minutes, Huff curves were constructed for the entire Mexican territory. With a hydrological regionalization procedure, hydrologically homogeneous regions were found. The results allow obtaining precipitation histograms for any duration; before, during and after the passage of a hurricane; anywhere in the Mexican territory. The proposed procedure is validated by calculating the erosion factor of the rain caused by Hurricane Hilary in August 1993. The results are extrapolated to the Queretaro River Basin.

Key words: floods, hurricanes, erosion, damage, disasters.

Introducción

En México, el diseño, la construcción y la operación de drenaje pluvial sustentable, especialmente en zonas urbanas, no han tenido un desarrollo tecnológico de alto nivel en especial en zonas en donde los escurrimientos se han visto afectados o han sido modificados por la creciente urbanización. Se puede afirmar que no existe una tradición mexicana de ingeniería de drenaje pluvial urbano. Aunado a esto, no se tiene una normativa mexicana para unificar el diseño, construcción y operación de drenaje pluvial sustentable que permita precisar, dentro de un marco técnico y legal, los

requerimientos mínimos a cumplir de estas infraestructuras durante su operación y mantenimiento. Si se reconoce que la mayoría de las ciudades tienen la necesidad de desalojar el agua de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, comercios, industrias y otras áreas de interés; también debe reconocerse que en un área natural no desarrollada (no urbanizada), la red de drenaje escurre en forma natural como parte del ciclo hidrológico. Adicionalmente, se acepta que el constante cambio en el entorno y las condiciones físicas debidas al desarrollo de áreas urbanas; ocasiona que este sistema de drenaje natural no sea estático. Esta condición interfiere con la habilidad de la naturaleza para adaptarse a condiciones extremas de escurrimiento en donde los flujos se aceleran y los tiempos de concentración disminuyen producto de dicha urbanización. De esta forma, se acepta que la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y demás construcciones; modifican el entorno natural en que habita el hombre y que la creación de superficies poco permeables favorece la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno y que una eventual eliminación de los cauces de las corrientes naturales, reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales en zonas urbanas. Por lo anterior y con la finalidad de obtener un ordenamiento urbano acorde a la dinámica de crecimiento de localidades dentro del territorio nacional, se presenta esta propuesta de reglamentación para establecer los requisitos en el diseño, construcción y operación de drenaje pluvial sustentable. Asimismo, la presente reglamentación establece las disposiciones y los requisitos que deben cumplirse con objeto de que los drenajes pluviales sean obras seguras y que permitan conservar las condiciones naturales del suelo y de los escurrimientos; una vez que sea construida o impermeabilizada alguna zona urbana. La atención a esta reglamentación debe reflejar los avances en los estándares de diseño hidrológico logrados en los últimos veinte años, considerando las condiciones hidrológicas e hidráulicas y el desarrollo de nuevos materiales que permiten reducir riesgos en las diferentes etapas de la vida activa de un drenaje pluvial. La reglamentación hace especial énfasis en establecer planes de solución a los diferentes escenarios de urbanización que se pueden presentar en una zona urbana, así como para la innovación tecnológica sustentable en la ejecución de las obras de urbanización utilizando materiales reciclados y ecotecnias, a efecto de que la construcción sean sustentables para el hombre y el medio ambiente.

Método

Selección de huracanes

A partir del registro de los huracanes que han afectado el territorio mexicano, se seleccionaron algunos huracanes que afectaron las costas mexicanas. La elección del huracán será Hilary de 1993, por la trayectoria del huracán y para verificar los datos por parte del mapa de CONAGUA se buscó el registro de la estación en Madrid Colima (en esas fechas) en la base de datos CLICOM.

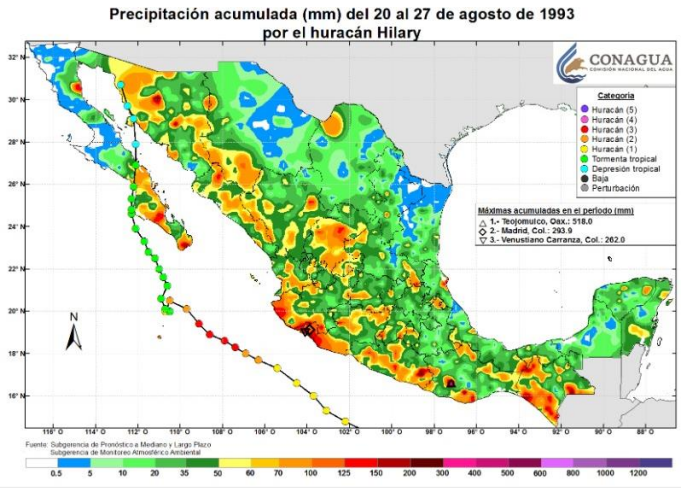


Figura 1. Trayectoria del huracán Hilary agosto 1993

La información de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica nos indica tres estaciones cercanas a la ciudad de Manzanillo. Estas estaciones son:

- Chandiablo (Altitud 131 m, Latitud 19.203333°, Longitud -104.335000°)

- Punta de agua DGE, (Altitud 80 m, Latitud 19.161944°, Longitud -104.265556°)
- Manzanillo OBS (Altitud 3.4 m, Latitud 19.04889°, Longitud -104.298333°)

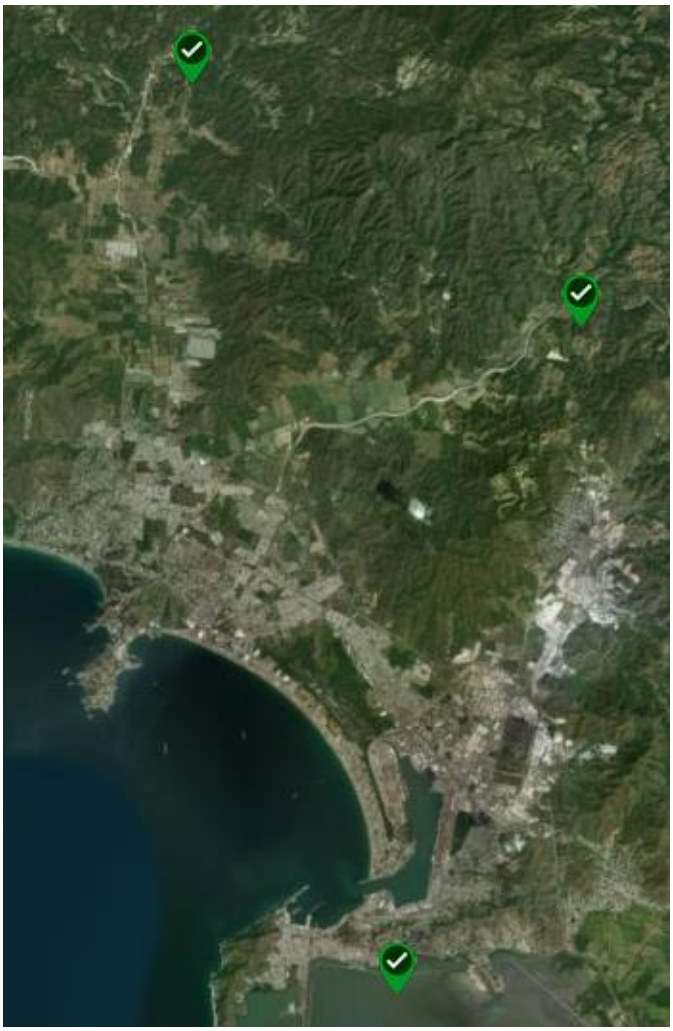


Figura 2. Estaciones de influencia en el sitio de estudio

Se elige la estación Manzanillo OBS debido a que es la estación que cuenta con la mayor información de datos recopilados.

Nombre: Manzanillo (OBS)
ID: 6018
Latitud: 19.048889°
Longitud: -104.298333°

Regionalización hidrológica de curvas Huff

Debido a las diferencias entre los comportamientos de lluvias, es necesario el agrupar regiones hidrológicas que tengan un comportamiento similar, con la finalidad de conocer datos hidrológicos en zonas en las cuales se no existen estaciones hidrométricas o se tiene información hidrométrica limitada (Gallegos et al., 2009; Schulz et al., 2019), de esta manera se pueden transferir datos hidrológicos de una región a otra, siempre y cuando estas regiones sean homogéneas para esto existen muchos métodos de regionalización, los cuales comprenden un proceso que implica un análisis de relaciones regionales, índices de proximidad, reglas de agregación, métodos de clasificación y pruebas para verificar la validez de dichas regiones homogéneas. Para esto es necesario el recopilar una serie de datos o variables hidrológicas y hacer una combinación de estas para encontrar una regionalización optima, mencionando algunas tales como, longitud, latitud, elevación, temperatura, intensidad de lluvia, entre otras. Después de una serie de combinaciones entre las variables recopiladas para regionalizar la republica mexicana y utilizando diferentes métodos de regionalización y distancias de agregación, se llego a una regionalización optima, la cual se logro con la combinación de 6 variables las cuales son todas las intensidades para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia.

- D=30min T= 2 y 10 años
- D= 60 min T= 2 y 10 años
- D= 24 h. T= 2 y 10 años

Esta combinación se trato con los siguientes métodos y distancias de agregación. Distancia de agregación: distancia Euclideana, distancia Manhattan, distancia Chebychev y distancia Pearson. Los métodos de agregación fueron: Ligado simple, ligado completo y el método de Ward. Obteniendo una regionalización optima con el “método Ward” y la distancia de agregación “Manhattan” esta regionalización tiene un gran parecido con la regionalización publicada por el Centro de Prevención de Desastres en México.

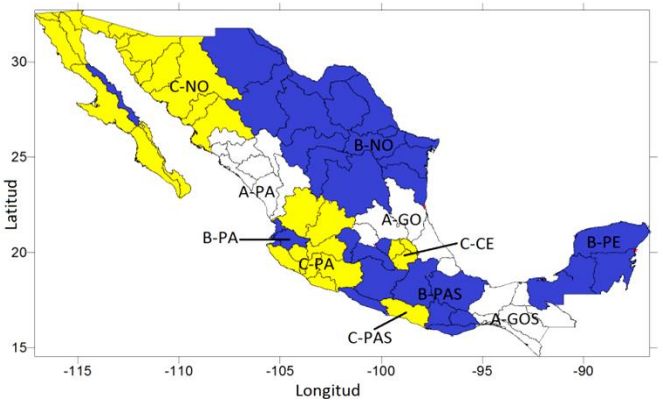


Figura 3. Mapa de la regionalización optima, obtenida por el método Ward con la distancia de agregación Manhattan.

En la figura 3 se muestran 3 grandes grupos homogéneos, los cuales, aunque no sean contiguos presentan un mismo comportamiento hidrológico.

Tabla 1. Nomenclatura de las regiones homogéneas

Región	Nomenclatura
REGIÓN A	A-PA
	A-GO
	A-GOS
REGIÓN B	B-NO
	B-PA
	B-PAS
	B-PE
REGIÓN C	C-NO
	C-PA
	C-PAS
	C-CE

Se tiene una base de registros de huracanes muy extensa, la cual tiene registros desde los años 80's estos datos provienen de la organización "*National Oceanic and Atmospheric Administration*" (NOAA).

Para comenzar se descartan los huracanes que ocurrieron antes del 2000, ya que los registros de lluvias que se tienen para las EMAs son registros muy recientes, los cuales generalmente comienzan a partir de este año (2000). En este primer filtro, nos quedan más de 200 huracanes. Ahora es necesario buscar los huracanes que tuvieron incidencia en nuestras regiones hidrológicamente homogéneas, y que además se tenga registros de lluvia para las fechas en las cuales sucedieron los huracanes. Tomando en cuenta un rango de registro de 3 días antes y 3 días después del huracán.

Análisis de frecuencias en lluvias huracanadas

De los datos históricos de precipitación se obtuvieron las precipitaciones máximas anuales, así como también los excedentes anuales. A continuación se calcula el periodo de retorno, esto para formar la tabla de frecuencias, así como su probabilidad de ocurrencia.

$$T_r = \frac{n+1}{m} \qquad P = \frac{1}{T_r}$$

Ahora veremos qué función se ajusta a los datos medidos con menor error, las funciones son:

- Exponencial 1 parámetro: $F(x) = 1 - e^{-\frac{x}{\overline{x}}}$
- Exponencial 2 parámetros: $F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$
- Función de Gumbel: $F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha_2}\right)}}$

En donde:

$F(x) = \dfrac{T_r - 1}{T_r}$

$\overline{x} =$ promedio de datos de precipitación

$\alpha =$ desviación estándar de valores históricos

$\alpha_2 = 0.78\alpha$

$\mu = \overline{x} - 0.45\alpha$

$\beta = \overline{x} - \alpha$

Estas funciones fueron despejadas para que sólo quedaran en función del periodo de retorno:

- Exponencial 1p: $x = \overline{x}\ln(T_r)$
- Exponencial 2p: $x = -\alpha \ln\left(1 - \frac{T_r - 1}{T_r}\right) + \beta$
- Función Gumbel: $x = \alpha_2\left(-\ln\left(-\ln\frac{T_r - 1}{T_r}\right)\right) + \mu$

Para observar mejor el error entre las distintas distribuciones se introduce la variable reducida de Gumbel:

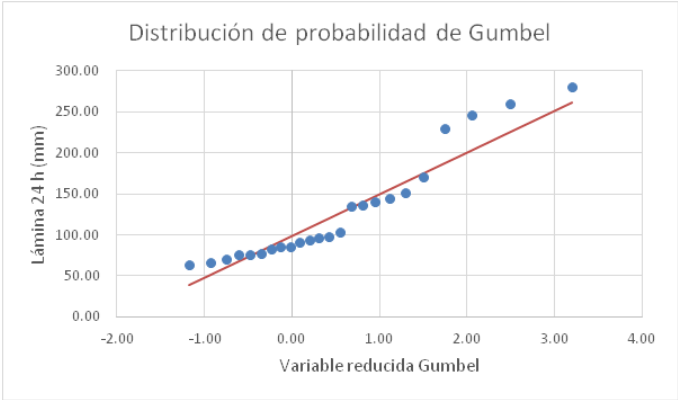
$$y = -\ln\left(-\ln\frac{T_r - 1}{T_r}\right)$$

Resultados y discusión

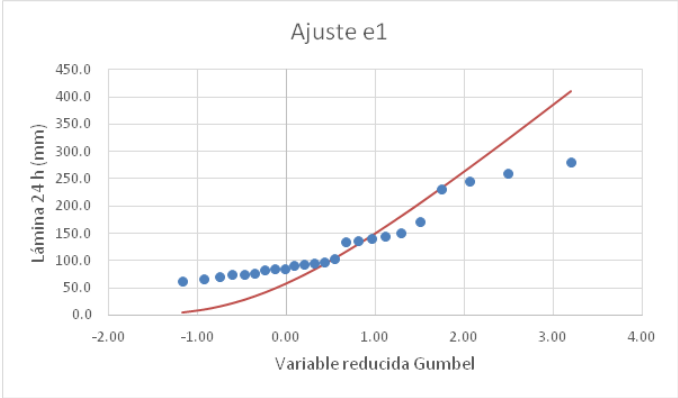
Se utilizaron los datos de precipitaciones máximas anuales de la estación seleccionada. Para las precipitaciones máximas anuales. Se evaluaron cada una de estas funciones para la muestra de precipitaciones máximas anuales y de excedentes y después se compararon para saber cuál tiene un grado de error menor. En este caso el error se calculó como la diferencia absoluta entre los valores históricos y los calculados. Se grafican con respecto a la variable reducida (y) de la distribución Gumbel los distintos ajustes.

Tabla 2. Muestra histórica de precipitaciones máximas anuales de la estación Manzanillo, Col.

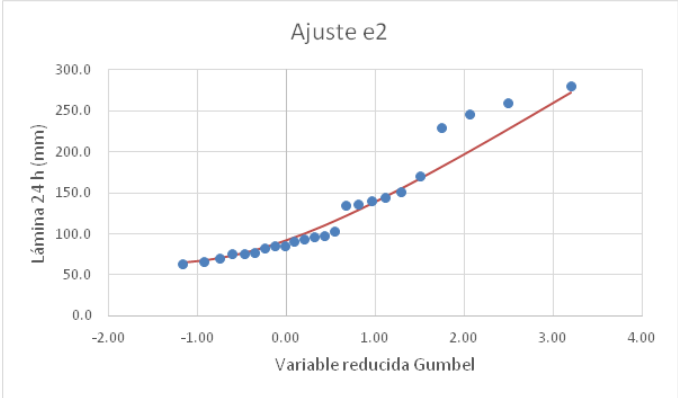
Año	Precipitaciones máximas anuales (mm)	Periodo de retorno T (años)	y
1982	280	25.00	3.20
1999	259.5	12.50	2.48
1987	245.6	8.33	2.06
1998	230.3	6.25	1.75
2000	171	5.00	1.50
1988	150.8	4.17	1.29
1993	144.8	3.57	1.11
1996	140.7	3.13	0.95
1986	135.9	2.78	0.81
1997	134.7	2.50	0.67
1992	103.5	2.27	0.55
1990	97.7	2.08	0.42
1984	96.1	1.92	0.31
1995	93.4	1.79	0.20
1989	90.8	1.67	0.09
1983	85.9	1.56	-0.02
1985	85.7	1.47	-0.13
2003	83.2	1.39	-0.24
1981	77	1.32	-0.36
1991	75.8	1.25	-0.48
2002	75.7	1.19	-0.61
1994	70.4	1.14	-0.75
2001	65.9	1.09	-0.93
2004	63.3	1.04	-1.17



(a)



(b)



(C)

Figura 4. Resultados del análisis de frecuencias para las distribuciones de probabilidad (a) Exponencial 1P, (b) Exponencial 2P (c) Gumbel

Como se puede observar, en ambos casos la función exponencial de dos parámetros es la que más se acerca a los datos medidos y por lo tanto la que tiene un error menor.

Ahora necesitamos los hietogramas a cada 10 minutos para los periodos de retorno de 10, 50, 500, 1000 años y para el huracán Hilary. Para esto nos apoyaremos de las curvas Huff calculadas a partir de la regionalización hidrológica. La región se describe como C-PA (costa del pacífico, lugar en donde se encuentra Manzanillo) se encuentran curvas típicas de la región. La curva continua (curva C-PA), corresponde a la formación y el acercamiento del huracán a la región a estudiar. Esta curva está definida por la siguiente ecuación. Entonces calculamos la curva Huff referida a la "curva 1" ya que se apega a la trayectoria observada por el huracán Hilary del 93'. Con la ecuación propuesta por el Dr. Bocanegra, en intervalos de 10 minutos obtenemos:

$$Hp\ acum / Hp\ acum\ max = [1 + 366.60486\ e^{-0.44352t}]^{-1}$$

Finalmente la curva que está representado por puntos (curva C-PA), es la curva que describe el comportamiento de la tormenta cuando el huracán se está alejando de la región la cual tiene un comportamiento muy parecido a cuando el huracán comienza a formarse o a acercarse a la zona. La figura 5 muestra la Curva Huff representativa para una tormenta ocasionada por un huracán.

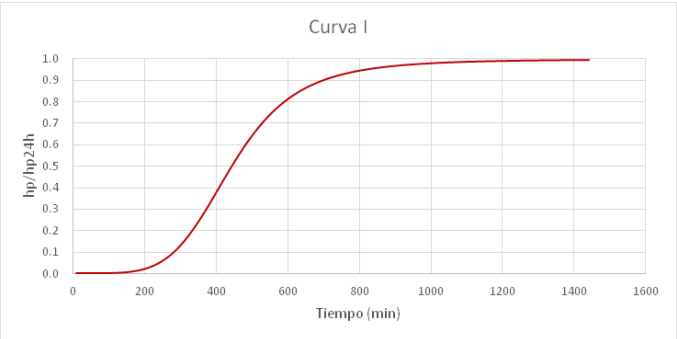


Figura 5. Curva Huff representativa para una tormenta ocasionada por un huracán para la región homogénea C-PA.

Y se calculan los máximos anuales, con la distribución que mejor se ajustó, para los periodos de retorno:

Tabla 3. Eventos de diseño para la estación Manzanillo, Col.

Periodo de retorno	Máximas anuales (mm)
10	212.41
50	318.12
500	469.35
1000	514.87

Cabe destacar que la precipitación del huracán Hilary es de 105 mm, que corresponde a un periodo de retorno, de acuerdo a nuestro registro histórico, de **2.28 años**. Ahora se calculan las curvas masas para los distintos periodos de retorno, que no es más que multiplicar el máximo anual calculado por los valores de la curva Huff. Ahora podemos calcular los hietogramas a cada diez minutos para cada periodo de retorno, con los datos de la curva masa restamos las precipitaciones acumuladas y obtenemos.

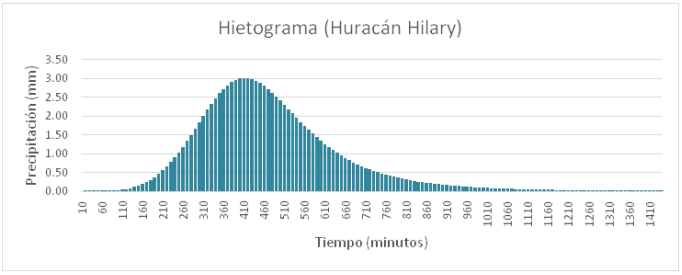


Figura 6. Hietograma de diseño para la estación Manzanillo, Col.

Cálculo de erosión

Para el cálculo del factor erosivo de la lluvia usaremos la siguiente ecuación:

$$R = 1.702 \frac{\left(\sum\left(1.213 + 0.89 \log I_j\right)\left(I_j T_j\right)\right) I_{30}}{173.6}$$

Donde:

$R =$ factor erosivo de la lluvia, en $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

$I_j =$ intensidad de lluvia, en mm/h

$T_j =$ incremento de tiempo seleccionado, en h

$I_{30} =$ intensidad máxima de 30 min, en mm/h

El intervalo de tiempo será cada diez minutos, los datos de precipitación acumulada y lámina de lluvia se obtienen de la curva masa y el hietograma respectivamente. La intensidad por hora será la lámina de lluvia dividida entre la duración (en este caso diez minutos = 0.167 min). Y después se calcula la intensidad de lluvia en 30 minutos sumando 3 datos de lámina de lluvia y dividiendo entre 0.5 (30 minutos). La columna "sumando" se refiere a la siguiente expresión:

$$\sum(1.213 + 0.89 \log I_j)(I_j T_j)$$

Los resultados se muestran a continuación:

Periodo de retorno de 2 años

Intensidad máxima (mm/h) = 18.04

R (N/h) = 38.63

Periodo de retorno de 10 años

Intensidad máxima (mm/h) = 36.48

R (N/h) = 178.52

Periodo de retorno de 50 años

Intensidad máxima (mm/h) = 54.51

R (N/h) = 424.74

Periodo de retorno de 500 años

Intensidad máxima (mm/h) = 80.30

R (N/h) = 976.64

Periodo de retorno de 1000 años

Intensidad máxima (mm/h) = 88.06

R (N/h) = 1190.35

Escurrimiento

Para obtener el escurrimiento en nuestra zona de estudio, Manzanillo, nos apoyaremos de la plataforma digital SIATL. Para nuestros cauces recordamos la distribución de la vegetación y el porcentaje del tipo de suelo de nuestra área de escurrimiento.

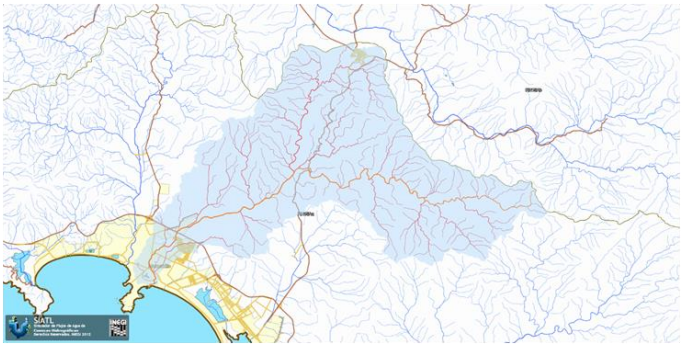


Figura 7. Cuenca hidrológica de la estación Manzanillo, Col.

A continuación se calcula el coeficiente que es necesario para el cálculo del caudal; el coeficiente de escurrimiento es la relación del caudal que fluye sobre el terreno, al caudal llovido.

Si consideramos una precipitación anual de 823 mm de acuerdo a datos del 2019 dentro de nuestra región podemos utilizar la fórmula del coeficiente de escurrimiento.

$$C_e = k\frac{P - 250}{2000} + \frac{k - 0.15}{1.5}$$

Tabla 4. Cálculo del coeficiente de escurriminto para la cuenca de la estación Manzanillo, Col.

Tipo de suelo	Área	Valor de k	Precipitación anual	Ce
Selva caducifolia	59.6	0.3	823	0.19
Agricola - forestal	37.7	0.4	823	0.28
Selva subcaducifolia	33.8	0.2	823	0.13
Zona urbana	1.2	0.3	823	0.18
Asentamientos humanos	2.4	0.3	823	0.18

Y haciendo una ponderación con respecto al porcentaje de área total tenemos:

$$C_e = 0.20$$

Trayectorias de huracanes

Con los cálculos realizados para un total de 25 huracanes extremos en la república mexicana, se obtuvieron los cálculos respectivos. Las figuras 8 a 11 muestran las intensidades de los huracanes estudiados en mm/h. Las laminas en mm de los huracanes estudiados. El factor erosivo de la lluvia (N/h) y los periodos de retorno de huracanes estudiados.

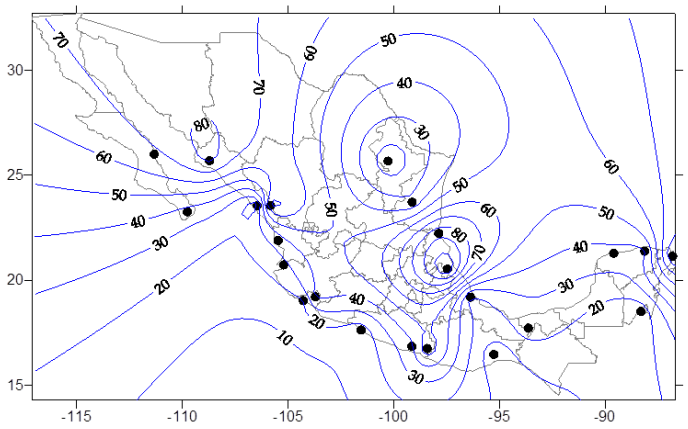


Figura 8. Intensidades de los huracanes estudiados en mm/h

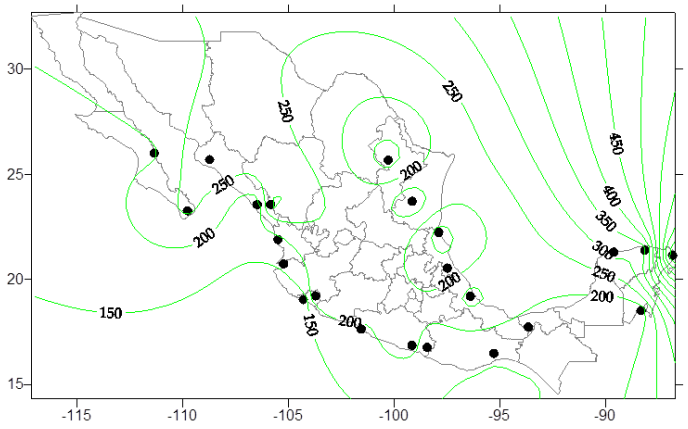


Figura 9. Laminas en mm de los huracanes estudiados

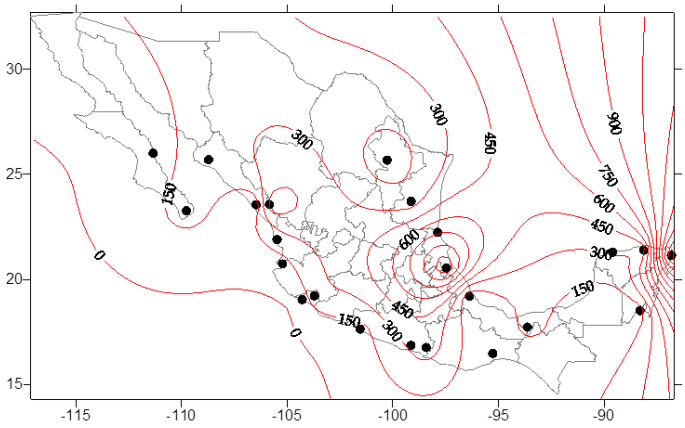


Figura 10. Factor erosivo de la lluvia (N/h)

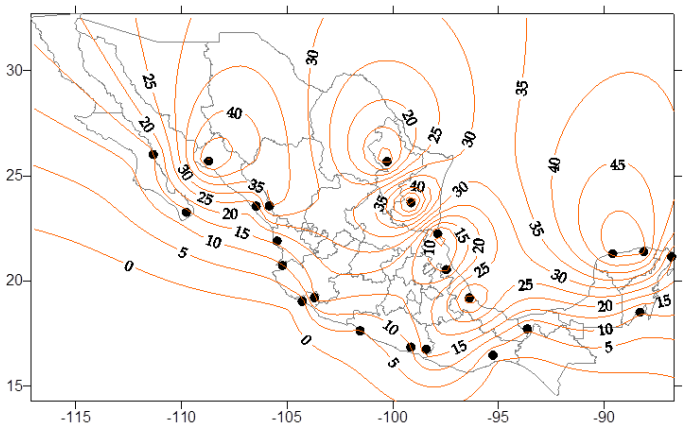


Figura 11. Periodos de retorno de huracanes estudiados

Inundaciones en Querétaro

El municipio de Querétaro ha experimentado muchos problemas de inundaciones debido al desbordamiento de drenes y bordos dentro de su zona urbana. Según Gutiérrez et al. (2013) las tormentas que más impacto han provocado en la zona urbana de Querétaro, en años recientes son: La tormenta del 14 de agosto de 2012, la cual dio inicio en la zona del Cimatario a las 15h30, se generalizó por toda el área metropolitana a las 17h50 y término a las 23h20. En este evento se registró una intensidad máxima de 65.3 mm/h (en 10 minutos).Otro evento extremo que ocurrió en ese mismo año, se presentó durante la noche del 16 al 17 de septiembre. La tormenta inicio a las 20h40 del día 16 y terminó a las 06h30 del día 17. Se registraron intensidades de 82 mm/h en la zona de la UTEQ, 70

mm/h en la zona del Cimatario y de 114 mm/h en Satélite (en 10 minutos). Datos más actuales de eventos extremos ocurridos en Querétaro, muestran una tormenta ocurrida el 18 de agosto de 2014 que dio inicio en la zona norte de la ciudad, para las 19h28 la precipitación se generalizó registrando una lámina máxima de 7.6 mm por minuto en la estación Real del Parque; esta tormenta se clasificó como torrencial debido a que se llegaron a registrar intensidades mayores a 70 mm/h en diferentes estaciones como Real del Parque (112.80 mm/h), Viñedos (112.80 mm/h), Candiles (115.20 mm/h) y San José el Alto (118.80 mm/h).

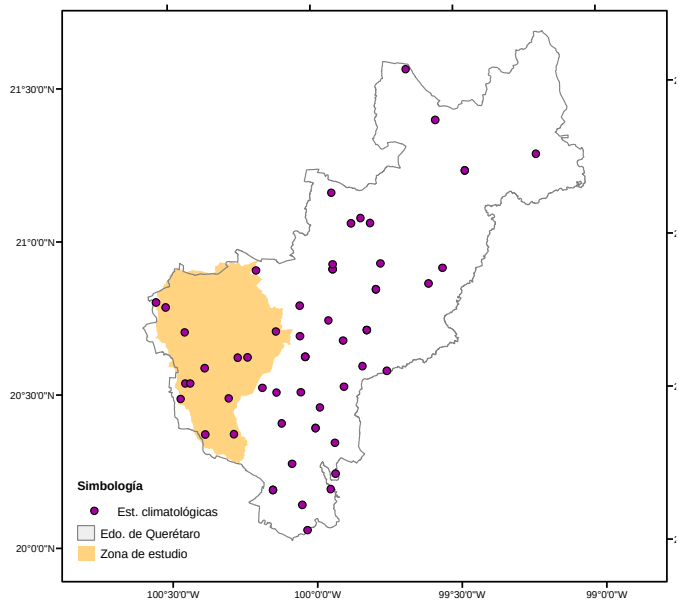


Figura 12. Cuenca del río Querétaro

Lluvias extremas en Querétaro, México

En México, el monitorio de precipitaciones se efectúa a través de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA), sus sensores registran y transmiten información cada 10 minutos (https://smn.conagua.gob.mx/es/estaciones-meteorologicas-automaticas-3). Esta información es enviada vía satélite a centros internacionales de acopio y pronóstico meteorológico, en intervalos de 1-3 horas por estación. La Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) opera un total de 187 EMAs a las que se adicionan 283 EMAs operadas por los Organismos de Cuenca y por algunos estados del país.

En el estado de Queretaro, en el centro del país, el Centro de Investigaciones del Agua, de la Universidad Autonoma de Queretaro, opera 40 estaciones EMA distribuidas en el estado. Transmiten cada 5 minutos en temporada seca y cada minuto en temporada de lluvias (junio a octubre). Esta base de datos incluye registros desde junio de 2012 hasta mayo 2020. Esta red de monitoreo ha registrado tormentas severas que sobre pasan la intensidad de 25 mm/h en tormentas de 5 minutos de duración. De la base de datos de tormentas registradas cada minuto, se muestran a continuación algunos valores de intensidad (mm/h) en las tormentas más severas en la estación del centro de la ciudad durante los últimos 5 años: 12/06/2013 (21.8 mm/h); 06/07/2013 (15.27 mm/h); 15/09/2013 (17.3 mm/h); 19/11/2013 (25.3 mm/h); 20/06/2014 (26.7 mm/h) (Gutierrez-Lopez et al., 2019). Registros de más de 523 tormentas severas han sido monitoreadas cada minuto por esta red llamada Sistema de alerta de precipitaciones extremas de la ciudad de Querétaro, RedCIAQ (http://148.220.4.26/app/earlyWarning/cepcq/lluvia/) . El sistema de alerta es del tipo semáforo y cubre todo el estado, sin embargo es la zona metropolitana la que tiene la mayor cobertura. La cuenca del río Querétaro tiene una superficie de 11.77 km2 y drena sus aguas a través de la zona metropolitana de la ciudad. Este sistema de monitoreo tiene acoplado un semáforo de alerta de precipitaciones en lamina e intensidad de precipitación. Este semáforo fue solicitado por las autoridades locales de protección civil. Querétaro es de las pocas ciudades en México que tiene no solo un sistema de alerta sino también herramientas de hidro-informática acopladas al monitoreo. Estas herramientas incluyen un sistema de interpolación espacial que funciona acoplado al semáforo. Fue diseñado para estimar eventos en sitios que no tienen estaciones y que requieren un valor de intensidad para iniciar los protocolos de protección civil (GEO, 2008). Dentro de estas herramientas se está habilitando la herramienta de erosión del suelo. De esta forma con todos los datos

anteriores, se aplicaron las ecuaciones a la zona de conservación del Cimatario. Aprovechando estos mapas y estos cálculos,

$$R=\frac{(115.41)34.23}{173.6}=22.75\ \text{EIu}$$

En el sistema métrico (1.702 x 22.75) R=38.73 N/h por tormenta. Lo anterior representa la condición de una tormenta. Para la condición media anual de la temporada de huracanes promedio en México se tiene que ocurren 16 tormentas. De esta forma el poder erosivo de las tormentas huracanadas sobre la zona de reserva del Cimatario tendremos entonces: R=619.6 N/h año.

Conclusiones

Los resultados que se presentan en este trabajo permiten calcular el factor erosivo en cualquier lugar de la república mexicana. La validación de la metodología sobre la cuenca de la ciudad de Manzanillo, permitió validar los resultados y metodología propuesta. De esta forma, los cálculos extrapolados a la zona del Parque el Cimatario. Se pretende que estos resultados sean difundidos en las oficinas locales de Conagua. Asimismo, la red de monitoreo RedCIAQ pretende utilizar estos resultados para desarrollar una herramienta hidro-informática para el monitoreo a tiempo real sobre la erosión del suelo en las principales zonas de nuestro estado.

Referencias

Gallegos, H., Schubert, J., & Sanders, B. (2009). Two-dimensional, high-resolution modeling of urban dam-break flooding: A case study of Baldwin Hills, California. Advances In Water Resources, 32(8), 1323-1335. doi: 10.1016/j.advwatres.2009.05.008

GEO (2008), Perspectivas del medio ambiente urbano en la zona metropolitana de Querétaro. PNUMA, SEDESU, CONCYTEQ. Querétaro México155 p.

Gutiérrez, M. A., R. E. Porrás, J. A. Olvera, y A. Nieto. (2013). Caracterización de Tormentas, Revista del Colegio de Ingenieros civiles del estado de Querétaro.

Gutierrez-Lopez, A.; Jimenez Hernandez, S.B.; Escalante Sandoval, C. (2019). Physical Parameterization of IDF Curves Based on Short-Duration Storms. Water 11, 1813.

Schulz, C., Martin-Ortega, J., & Glenk, K. (2019). Understanding Public Views on a Dam Construction Boom: the Role of Values. Water Resources Management, 33(14), 4687-4700. doi: 10.1007/s11269-019-02383-9

Evaluación de criterios sustentables en materiales de construcción

Arq. Mariana López Tenorio. Maestría en Diseño e Innovación, Universidad Autónoma de Querétaro.
Contacto: mlopez506@alumnos.uaq.mx
Asesor: Dr. Avatar Flores Gutiérrez. Coordinador de la Maestría en Arquitectura y Doctorado en Innovación, Tecnología y Hábitat.
Contacto: avatar.flores@uaq.mx

Resumen

La selección de materiales sustentables es parte de las estrategias del diseño arquitectónico, pero no se cuentan con los métodos adecuados para realizar esta selección. Por lo que se propone un índice de evaluación de sustentabilidad de acuerdo a once indicadores que nos hablan de las características que debe cumplir idealmente un material, aplicando el índice a dos materiales comúnmente usados en la construcción, esto para que funcione como una guía en la selección de materiales.

Palabras clave: materiales sustentables, índice de sustentabilidad, diseño, construcción, madera, panel de yeso

Abstract

The selection of sustainable materials is part of the strategies of architectural design, but there are no adequate methods to make this selection. Therefore, a sustainability evaluation index is proposed according to eleven indicators that tell us about the characteristics that a material should ideally meet, applying the index to two materials commonly used in construction, this to function as a guide in the materials selection.

Key Words: sustainable material, sustainability index, design, construction, wood, drywall

Introducción

La arquitectura y la construcción contribuyen a solucionar problemas como la vivienda, el hábitat y el patrimonio construido, además de ser actividades que participan en el desarrollo económico y social de un país; sin embargo generan un impacto en el medio ambiente durante el ciclo de vida de la edificación, desde la extracción de recursos hasta los desechos generados y su vertido al medio ambiente (Acosta, Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias, 2009). Algunas de las estrategias que se han tomado para solucionar estos problemas vienen de un diseño sustentable.

El diseño es una actividad de planeación, que se espera conduzca a una situación deseada (Acosta, Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias, 2009), por su parte el diseño sustentable es un proceso de creación donde se planifica la reducción de gastos en los recursos naturales, reducción de contaminación, mejora del confort, ahorro económico en la construcción, reducción de desperdicios y desechos y la vida útil del edificio, además de obtener beneficios a la salud humana y prosperidad (Hernández, 2008).

Materiales Sustentables

Una manera de comenzar a incorporar principios de diseño sustentable, es con una selección adecuada de los materiales que se pueden usar en los proyectos arquitectónicos (Akadiri, Olomolaiye, & Chinyio, 2012).

Los materiales se llaman sustentables cuando evitan la contaminación del medio ambiente durante su ciclo de vida: desde la extracción, fabricación y aplicación, como se muestra en la Figura 1; así como la reutilización, reciclaje y el desecho no dañan de manera agresiva al medio ambiente por sus características físicas y químicas (Hernández, 2016).

Figura 1 Ciclo de vida de los materiales. Fuente: Borsani, 2011



Algunas características presentadas por Hernández (2016) para identificar materiales sustentables son:

•Que el ciclo de vida del material propicie un bajo impacto ambiental.

•Que tengan, al menos parcialmente, contenido reciclado.

•Fabricados con energía renovable, al menos parcialmente.

•Reutilizables.

•Elaborados con base en materias primas renovables.

•Bajo contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

•Especificación de durabilidad en fichas técnicas, manuales o catálogos.

•Fácil mantenimiento y limpieza.

•Disponibles local o regionalmente.

•Precio razonable en el mercado.

Es importante entender que los materiales sustentables tienen una gran gama, que van “desde el verde claro al verde oscuro” (Borsani, 2011) por lo que para seleccionar materiales hoy en día es muy importante tomar en consideración los impactos ambientales desde la extracción de la materia prima hasta la ocupación y mantenimiento en el inmueble, incluyendo las condiciones que genera de confort y habitabilidad (Hernández, 2016).

Actualmente se cuenta con información, publicaciones y certificaciones que promueven el uso de materiales sustentables, sin embargo, no existe una metodología que contribuya a una selección consiente (Mühlmann, 2013) y en nuestro país no hay suficiente información para realizar la evaluación completa e integral de los materiales potenciales a usarse para una buena selección (UNAM, 2011).

Uno de los objetivos de esta investigación, es desarrollar un índice que ayude a los diseñadores de proyectos arquitectónicos en el análisis de la selección de materiales.

Metodología

Con los criterios que debe contener un material sustentable analizados y establecidos, se realizó una tabla de indicadores que conformarán el índice, con una asignación de puntajes a cada uno. Si el material a evaluar cumple con dicho indicador se le asigna el puntaje que corresponde, para finalmente obtener un valor total y conocer el nivel de sustentabilidad que maneja.

Entre más condiciones cumpla un material, mejor será su evaluación de sustentabilidad para pensar que es más conveniente seleccionar dicho material.

Posteriormente se hizo la evaluación a dos materiales comúnmente usados para muros, la madera y los paneles de yeso, haciendo una comparativa de cada uno.

Para el desarrollo de los indicadores, se tomaron en cuenta características encontradas en bibliografía, en distintas certificaciones de edificación que, entre sus requerimientos toman en cuenta características de materiales y algunas normas que hablen del uso de materiales sustentables para construcciones.

Indicadores

• Contenido reciclado: Hace referencia a la cantidad de ingredientes reciclados que hay en un

material, mientras mayor porcentaje de contenido reciclado mayor beneficio al ambiente y al costo de los edificios (Hernández, 2016). La NMX-AA-164-SCFI-2013 indica dentro del apartado de Materiales y residuos, que del total de materiales al menos un 10% debe ser con contenido reciclado. Mientras el material contenga cierto contenido reciclado se le proporcionará el puntaje de este apartado.

• Contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV): Los compuestos orgánicos volátiles son emisiones que desprenden algunos materiales, siendo contaminantes del aire, que en concentraciones elevadas es peligroso al respirar, causando alergias e irritación en ojos y vías respiratorias, así como alterar la función fotosintética de las plantas (Gobierno de España, 2010). El Programa de Edificación Sustentable (PCES) creada por el Distrito Federal, cuenta con una lista de las cantidades máximas de COV en pinturas, primers, selladores y alfombras; mientras que en Francia se cuenta con un Decreto donde regula estas emisiones e indica que cada producto debe contener obligatoriamente el etiquetado de "Emisiones al interior" de acuerdo a una clasificación que va de A+ a C. Estas cantidades nos ayudarán a darle el puntaje correspondiente al material, en caso de tener igual o menor contenido que las tablas.

• Toxicidad: Es importante mantener una buena calidad de aire al interior del edificio, por lo que es necesario conocer los ingredientes con los que cuenta cada material y conocer si cuenta con normas que regulen la emisión de sustancias tóxicas (Hernández, 2016). Dentro de Certificaciones como WELL o Living Building Challenge se indica la verificación por un tercero para conocer los ingredientes y saber que material es apto para la construcción, Living Building Challenge (LBC) cuenta para ello con una "Lista Roja" donde se proporcionan los peores ingredientes a emplear en una construcción ya que pueden ser contaminantes, acumular concentraciones tóxicas en su producción o dañar a los trabajadores que los manipulen (International Living Future Institute, 2020b); la NMX-164-2013 proporciona también una pequeña lista de ingredientes potencialmente tóxicos que deben evitarse en los materiales. Cuando un material no está conformado con alguno de los ingredientes de la lista, podrá obtener el puntaje total de este apartado.

• Producto local: Obtener materiales que sean cercanas o de la región en la que se construirá el edificio, ayuda a reducir la energía usada y la contaminación generada por la transportación (Hernández, 2016). En el PCES se indica que al menos 50% del total del presupuesto de materiales debe provenir de un radio de 800km del sitio, mientras que el LBC indica que mínimo un 20% de los materiales totales a emplearse debe ser de un radio de 500km del sitio, un 30% de un radio de 1000km, el 25% de un radio de 5000km y el 25% pueden obtenerse de cualquier otro lado. Estos últimos radios serán los tomados en cuenta para asignar el puntaje al material.

• Reciclabilidad, reusabilidad: Con el uso de materiales que puedan ser reciclados se puede cerrar el ciclo de vida de los materiales, entrando a un segundo periodo de vida, teniendo ciertas consideraciones para identificar lo que se puede reciclar sin perder propiedades físicas o químicas en su totalidad, para ello hay que evitar el uso de materiales compuestos, no usar ni mezclar pegamentos con selladores y diseñar con flexibilidad; por lo que si al desmantelarlo el material logra mantener sus propiedades al 100% puede ser reusado en nuevas aplicaciones (Hernández, 2016). Se medirán en total, parcial o nula reciclabilidad del material para asignarle el puntaje.

• Prácticas actuales: La industria ha desarrollado cada vez nuevos procesos de reciclaje de materiales, algunos más complejos que otros, lo que hace que casi todos los materiales logren ser reciclados; sin embargo no es común esta práctica en la mayoría de los materiales (Rocha-Tamayo, 2011). Este indicador evaluará la realidad de la situación, ya que, aunque se cuente con las plantas de reciclaje, no

siempre son de fácil acceso. Si el material es comúnmente reciclado o reutilizado se le otorgará un puntaje.

• Certificaciones de producto: Las certificaciones de los materiales ayudan a conocer las materias primas, su composición química y el proceso que tuvo el material, y saber que fue realizado de manera adecuada y sustentable, apegándose a normas nacionales o internacionales (IWBI, 2020).

• Embalaje: No sólo los ingredientes son importantes para disminuir un impacto, así como también la distancia recorrida por un transporte para llevarlo al sitio, lo que protege y envuelve al producto en este recorrido también lo es; por lo que se recomienda que también tenga cierto contenido reciclable y/o pueda ser reciclado para cerrar el ciclo de vida (International Living Future Institute, 2020). Con el uso de materiales reciclables o reciclados es de las principales formas de reducir el impacto ambiental causado por la producción de materiales (Rocha-Tamayo, 2011) tanto para emplearse en la construcción como para proteger el traslado de los mismos.

• Especificaciones en fichas u hojas de datos de seguridad: Es importante revisar los métodos de construcción e instalación de los materiales para establecer buenos sistemas constructivos desde el diseño (Hernández, 2016), así como identificar sus ingredientes, vida útil, fuente de extracción, y CO2 generado en su proceso; todo esto se puede encontrar en las fichas técnicas u hojas de seguridad, por lo que es importante identificarlas y analizar que contengan la mayor cantidad posible de información del material. La mayoría de las certificaciones de edificación solicitan en sus requisitos una transparencia de información de los materiales a emplearse, y que ésta venga de información validada por terceros de preferencia.

• Modulación: Es conveniente diseñar edificios flexibles para cambios futuros, para esto es conveniente el uso de sistemas modulares a través del uso completo del material, si el material es apto para ser modulado ayuda a ser optimizado para prevenir y reducir los desperdicios, pensando también en un futuro desmantelamiento o deconstrucción en vez de una demolición (Hernández, 2016). Si el material logra ser modulable, obtendrá esta puntuación.

• Mantenimiento: El mantenimiento consiste en aseo, reparaciones menores y reposición de elementos por el desgaste, con esto se genera consumo de agua, desperdicios y consumo energético; para disminuir un impacto por este motivo es recomendable emplear materiales resistentes al desgaste de la intemperie, fáciles de limpiar o pulir que no requieran uso de grandes cantidades de agua o uso de químicos para su limpieza (Rocha-Tamayo, 2011).

Resultados

El valor de cada indicador está asignado en la Tabla 1, donde la puntuación total de cada material se dará en escala de 1 a 5; esto para mostrar visualmente una valoración por estrellas.

Tabla 1 Índice de sustentabilidad para materiales

CRITERIO	OPCIONES	PUNTAJE
Contenido reciclado	Si	1,0
	No	0,0
Contenido COV	N/A-Menor o igual a las tablas	1,0
	No hay información	0,0
	Mayor a las tablas	0,0
Toxicidad	Nula	1,0
	Baja	0,5
	Alta	0,0
Producto local	Si	
	500km del sitio	1,0
	1000km del sitio	0,5

	5000km o más del sitio	0,0
Reciclabilidad, reusabilidad	Totalmente	1,0
	Parcialmente	0,5
	No	0,0
Prácticas actuales	Si	1,0
	Algunas ocasiones	0,5
	No	0,0
Certificaciones de producto	Si	1,0
	No hay información	0,0
	No	0,0
Embalaje	Si	1,0
	No hay información	0,0
	No	0,0
Especificaciones en fichas o HDS	Total	1,0
Energía incorporada	*Si/no*	0,2
Fuente de extracción	*Si/no*	0,2
Vida útil	*Si/no*	0,2
Ingredientes	*Si/no*	0,2
CO2 generado	*Si/no*	0,2
Se puede modular	Si	1,0
	No	0,0
Mantenimiento	Bajo	1,0
	Medio	0,5
	Alto	0,0

Caso de la madera

La madera de pino, es de los materiales más empleados antiguamente por el hombre. La producción y el procesamiento utiliza menos energía que otros materiales, además de que ayuda a reducir la cantidad de dióxido de carbono; esta producción tiene una gestión muy regulada a través de empresas forestales y diversas instituciones que ayudan a la certificación de estos procesos, y a proveer de fichas técnicas más específicas de cada producto (Comisión Nacional Forestal, 2017).

Para que tenga un uso definitivo en el interior de una vivienda, es necesario que la madera pase por un proceso de secado para sus propiedades aumenten (Fritz, 2004), este proceso puede ser al aire libre o en hornos usando a veces sustancias especiales con muy bajos niveles de toxicidad (Franco, Castaño, & Ortíz, 2009).

Se tomó como sitio la ciudad de Querétaro, por lo que en un radio de 500 km se encuentran proveedores con certificación forestal en Michoacán, Puebla y Jalisco.

La madera es un producto 100% reutilizable, ya que de acuerdo a sus propiedades puede ser de uso transitorio para apoyar estructuralmente una construcción o ser reusados para la fabricación de mobiliario; prácticas que actualmente son las más comunes cuando se trata de darle una segunda vida a un material (Fritz, 2004).

Las dimensiones en las que el producto es proporcionado suele ser con un grosor en pulgadas que van desde media pulgada hasta cuatro pulgadas, un ancho que va en números pares del cuatro al doce y largos variados desde cuatro pulgadas hasta veinte pulgadas; lo que hace posible realizar modularidades al usar este material.

Caso del panel de yeso

El panel de yeso, comúnmente conocido como tablaroca® es un tablero prefabricado compuesto de un núcleo de yeso y dos caras de cartoncillo, usado principalmente como muros divisorios o plafones.

La fabricación de acuerdo a sus hojas de seguridad y fichas técnicas, son con papel reciclado, tanto para las caras del papel como para el embalaje que ayuda a su transportación, lo que hace que el material tenga una cantidad de contenido reciclado. De igual forma dentro de las hojas de seguridad se indican las certificaciones y normas que cumple este producto,

desde las plantas de fabricación hasta su puesta en obra, así como la energía incorporada en el proceso, el bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles y el nivel de toxicidad que puede llegar a tener dependiendo su manejo, ya que contiene sílice cristalina que puede llegar a irritar las vías respiratorias.

Se encuentran plantas de fabricación en Nuevo León, San Luis Potosí, Tlanepantla, Mexicali y Chihuahua. Se tomó en cuenta la ciudad de Querétaro como punto de sitio, lo que hace que podamos encontrar una distribución dentro del radio de 500 km.

En cuanto a la reciclabilidad del material, es totalmente posible, las caras de papel pueden ser recicladas en plantas de papel, mientras que el yeso por su composición química puede ser igualmente recuperado para nuevos usos (Dirección General del Medio Ambiente, 2016), sin embargo requiere de un proceso que no es fácilmente llevado a cabo en las prácticas actuales (Rocha-Tamayo, 2011).

Al ser un producto prefabricado, se cuenta con paneles de longitudes y espesores estandarizados para poder diseñar modularmente; y con las ventajas de rápida instalación, así como fácil y rápidas reparaciones.

Los resultados finales de ambos materiales se muestran en la Tabla 2, donde se observa que la madera es un material más sustentable, obteniendo 4.4 de 5.0, mientras que el panel de yeso obtuvo 3.9 de 5.0.

Tabla 2 Resultados del índice en madera y panel de yeso

CRITERIO	Madera		Panel de yeso	
Contenido reciclado	No	0,0	Si	1,0
Contenido COV	Nulo	1,0	Bajo	1,0
Toxicidad	Baja	1,0	Baja	0,5
Producto local	a 500 km	1,0	a 500 km	1,0
Reciclabilidad, reusabilidad	Total	1,0	Total	1,0
Prácticas actuales	Si	1,0	No	0,0
Certificaciones de producto	Si	1,0	Si	1,0
Embalaje	Reusado	1,0	Reciclado	1,0
Especificaciones en fichas o HDS	Parcial	0,6	Parcial	0,6
Se puede modular	Si	1,0	Si	1,0
Mantenimiento	Bajo	1,0	Medio	0,5
		4,4		**3,9**

Conclusiones

Una selección adecuada de materiales es parte de los objetivos para un diseño sostenible, que va de la mano con la salud y felicidad creando ambientes de habitabilidad (Acosta, 2015). Estos ambientes son generados gracias al confort, teniendo como factores la humedad, temperatura, aislamiento térmico y acústico (Fritz, 2004).

Por lo que para lograr estas condiciones es necesario incorporar otros elementos que acompañen los materiales, los cuáles deben ser considerados también dentro de un análisis de sustentabilidad. En el caso de los paneles de yeso, es necesario pensar en los elementos que lo constituyen como bastidores, juntas, y aislantes para tener más claro su nivel de sustentabilidad.

Si bien la madera es un material muy sustentable al ser un producto natural y renovable, tal como se demostró al analizarlo con el índice, es un material biológico, que puede verse afectado dependiendo el sitio, por hongos e insectos, por lo que debe tener otros tratamientos que garanticen su durabilidad (Fritz, 2004). Dichos tratamientos también deben ser sometidos a un análisis de sustentabilidad de acuerdo al índice generado.

Es importante realizar el análisis completo de todos los componentes que tienen los muros o pisos para poder tener con mayor claridad el nivel de sustentabilidad que el conjunto puede proporcionar.

Referencias

Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias. *Dearq*. doi:10.18389

Acosta, D. (2015). El valor del diseño sistenible en la arquitectura. *XXXIII Jornadas de Investigación IDEC*, (págs. 23-34).

Akadiri, P., Olomolaiye, P., & Chinyio, E. (2012). Multi-criteria evaluation model for the seleccin of sustainable materials for building projects. *Automation in Construction*, 113-125.

Borsani, M. S. (2011). Materiales Ecológicos. Estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. *Tesis de maestría*. España: UPC.

Comisión Nacional Forestal. (2017). Catálogo de productos forestales certificados. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/213032/Catalogo_de_Productos_Forestales_Certificados.pdf

Dirección General del Medio Ambiente. (09 de 2016). *Reutilización de los residuos de las placas de yeso*. Obtenido de Environment for Europeans: https://ec.europa.eu/environment/efe/news/putting-plasterboard-waste-good-use-2016-10-28_es

Franco, J. E., Castaño, N., & Ortíz, L. M. (2009). *Secado natural, manejo y transformación de la madera.* Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.

Fritz, A. (2004). *La Construcción de Viviendas en Madera.* Chile: Corma.

Gobierno de España. (2010). *Compuestos Orgánicos Volátiles.* Obtenido de Base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas RISCTOX: https://tinyurl.com/yxo86hhg

Hernández, S. (2008). El diseño sustentable como herramienta para el desarrollo de la arquitectura y edificación en México. *Acta Universitaria, 18*(2).

Hernández, S. (2016). *Selección y diseño sustentable de materiales de construcción.* México: Trillas.

International Living Future Institute. (2020). *Materials Petal*. Obtenido de https://living-future.org/lbc-3_1/materials-petal/

International Living Future Institute. (2020b). *The Red List*. Obtenido de https://living-future.org/declare/declare-about/red-list/

IWBI. (2020). *Materials concept*. Obtenido de WELL Certified: https://v2.wellcertified.com/v/en/materials

Mühlmann, S. (2013). La selección de materiales con criterios de sustentabilidad como herramienta en el ejercicio profesional. *Revista de Arquitectura de la Sociedad Central de Arquitectos*(248).

Rocha-Tamayo, E. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. *Revista Nodo*, 99-116.

SEMARNAT. (2013). Edificación Sustentable-Criterios y requerimientos ambientales mínimos. *NMX-AA-164-SCFI-2013*. México. Obtenido de https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3156.pdf

UNAM. (2011). Lineamientos en materia de construcción sustentable. Ciudad de México, México. Obtenido de https://ecopuma.unam.mx/PDF/SECCIONES/CONSTRUCCIONSUSTENTABL E/Criterios_construccion_sustentable.pdf

Aplicación móvil Android para monitoreo de pH vía Bluetooth

Autor: Kenny Arth Luevanos Uribe, Universidad Politécnica de Querétaro, 018028772@upq.edu.mx.

Asesora: M. en C. Gloria Flor Mata Donjuán, Universidad Politécnica de Querétaro, gloria.mata@upq.mx

Asesor: M. en C. Reynaldo Hernández Maldonado. Universidad Autónoma de Querétaro, reynaldo.hernandez@upq.mx

Colaborador: M.C. Arturo Hernández Hernández, Universidad Politécnica de Querétaro. arturo.hernandez@upq.mx

Colaborador: M.C. Alejandro Martínez Badillo, Universidad Politécnica de Querétaro. alejandro.martinez@upq.edu.mx

Resumen

La acuicultura es la producción de animales acuáticos en el agua y hace tiempo ha dado lugar a un incremento en la implementación de sistemas intensivos. Dichos sistemas requieren de una recirculación de agua, de equipos mecánicos y de controles automáticos para monitorear las variables fisicoquímicas del agua, que mejore el rendimiento de la producción. En trabajos realizados se considera que el pH influye considerablemente en la parte fisicoquímica de la solubilidad de los nutrientes para la sobrevivencia de todos los organismos acuáticos.

Por ello el objetivo de este proyecto fue desarrollar una aplicación móvil con comunicación serie vía Bluetooth, para el monitoreo de pH, desarrollada en el Software Android Studio bajo el lenguaje de JAVA, apoyada de un sistema electrónico que incluye un microcontrolador conocido comercialmente como Arduino y un sensor de PH, ya que para lograr el crecimiento de los organismos acuáticos depende en gran medida de la calidad del agua. Los resultados obtenidos hasta hoy son desarrollo de la aplicación, capaz de mostrar y guardar un registro de los datos leídos de pH por un periodo de tiempo.

Palabras clave:

Acuacultura, pH, Bluetooth y Aplicación móvil.

Abstract

Aquaculture is the production of aquatic animals in water and has long led to an increase in the implementation of intensive systems, which require recirculation of water, mechanical equipment and automatic controls to monitor the physicochemical variables of the water. , which improves production performance. In studies carried out, it is considered that the pH has a considerable influence on the physicochemical part of the solubility of nutrients for the survival of all aquatic organisms.

Therefore the objective of this project was to develop a mobile application via Bluetooth for pH monitoring based on the Java Android Studio Software using an electronic system that includes a microcontroller known commercially as Arduino, since To achieve the growth of aquatic organisms depends largely on the quality of the water.The results obtained until now are development of the application, which it is able to display and store a record of the data read from pH by a period of time.

Key words

Aquaculture, pH, Bluetooth, mobile app

Introducción

Los sistemas de producción de animales acuáticos, particularmente aquellos basados en tecnologías de recirculación de agua como la acuacultura, prometen ser una excelente alternativa y más aún en regiones

del Norte de México, en donde el agua es escasa (Hernández et al., 2009). Por ello Bautista y Ruiz, (2007) mencionan que el crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. Así mismo Meyer (2004) comenta que hay múltiples factores que pueden interactuar al alterar las propiedades físico-químicas del agua, ya que un cambio repentino de la temperatura o de la concentración de pH puede resultar una mortalidad masiva de animales como comenta Alatorre (2007), ya que el pH, al igual que la temperatura, es un factor dinámico, influye radicalmente en la fisicoquímica del sistema, cambiando la solubilidad de los nutrientes. Un pH entre 6.5 y 9 es ideal para la mayoría de las especies. Si el pH no es el ideal, aunque el agua esté oxigenada los peces tendrán dificultades para respirar. Por ello el objetivo de este trabajo fue monitorear la medición de pH (potencial de hidrógeno), desde un dispositivo móvil Android vía Bluetooth, desarrollando una aplicación en el software Android Studio bajo el lenguaje de JAVA, para visualizar el valor de pH en la pantalla del celular, así como guardar los datos en un formato .txt, que podrán ser bajados a una memoria externa para un análisis más profundo.

Metodología

El trabajo de investigación se desarrolló por medio de diferentes etapas, las cuales se presentan a continuación.

Etapa 1 – Revisión de información

Se buscó información en bases de datos y documentos relacionados a los sistemas de recirculación automáticos, información en internet para entender el principio y funcionamiento de sensores para medir el pH, así mismo se buscó en revistas electrónicas para obtener artículos científicos acerca de los sistemas de recirculación y su control, esto para realizar pruebas y hacer modificaciones en el trayecto de la investigación. Así mismo, comentar que el pH es la concentración de iones de hidrógeno, donde se pueden obtener valores mínimos y máximos (Tabla 1) y se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$pH = -\log(H_3O^+) \quad \textbf{ec (1)}$$

Valor de pH	
1 - 6	Ácido
7	Neutro
8 - 14	Alcalino

Tabla 1. Valores de pH.

Etapa 2 –Circuito eléctrico.

Para interpretar la señal recibida del sensor de pH se diseñó un circuito eléctrico similar a la tarjeta Arduino. La diferencia es que con la tarjeta diseñada se evita más entradas y salidas que tiene la tarjeta comercial, por ello se dejó solo la entrada analógica para el sensor de pH y la salida digital utilizando elementos adicionales al microcontrolador que permite interactuar con otros dispositivos y es más amigable para la conexión del usuario (Figura 1). La señal leída del sensor de pH fue enviada a un dispositivo móvil con sistema operativo Android, por medio de comunicación serie usando un módulo de Bluetooth.

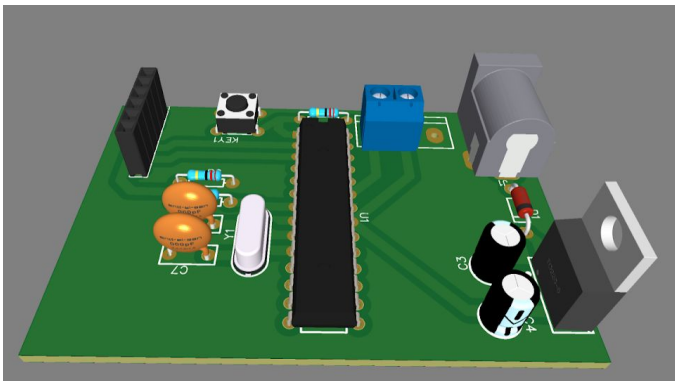


Figura 1. PCB del circuito para acondicionar la señal.

Para las pruebas se utilizó una tarjeta Arduino (Figura 2), así como un módulo de comunicación Bluetooth HC-06 (Figura 3), y el sensor de pH, E-201-C.



Figura 2. Tarjeta ARDUINO UNO.



Figura 3. Módulo Bluetooth HC-06.

Etapa 3 – Diseño y desarrollo de aplicación móvil.

Para la parte del monitoreo de los valores de pH, se diseñó una aplicación móvil, lo que hace es recibir el valor del circuito eléctrico con la señal procesada por medio de una comunicación serie usando un Bluetooth.

La aplicación móvil se desarrolló en el software Android studio, en donde se creó un proyecto en lenguaje de programación java. En el proyecto por defecto se crea con una vista la cual se utilizó para mostrar los dispositivos de conexión disponibles. En esta vista se añadió una tabla para poder mostrar los dispositivos vinculados.

Se creó una segunda ventana para colocar la sección del monitor. En esta ventana se añadieron 3 botones, así como 2 vistas de datos. Una de estas vistas se ocupa para mostrar el valor del pH y la segunda para mostrar el registro que se lleva de los valores leídos con la hora del registro.

Se crearon relaciones entre los elementos para que estos conserven su posición. Además, se importó una librería para la comunicación bluetooth.

Una vez teniendo los elementos visuales y la librería se realizó la relación entre la parte visual y la lógica. En esta parte es donde inicia la programación.

Para el correcto funcionamiento se acondicionó el sensor de pH con la tabla de referencia del fabricante.

pH	C	pH	mV	PTS	min	MOHMS		mV
0-14	0-80	7X+-0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5

Tabla 2. Valores correspondientes al sensor E-201-C.

Resultados

Circuito eléctrico

Se utilizó la tarjeta comercial Arduino y la tarjeta diseñada para este propósito como sistema de adquisición de datos, ya que ésta contiene un microcontrolador con un convertidor analógico / digital que es de gran ayuda en el proceso de acondicionamiento de señal con el sensor de pH, Modelo E-201-C, donde el voltaje de salida del sensor oscila entre 0 y 5 volts de cd (corriente directa) (Figura 4). Tomando los valores de voltaje correspondientes a las lecturas dadas por el sensor E-201-C, se realizó una regresión lineal para determinar el valor de pH correspondiente a cada valor de voltaje. Para poder validar esta parte se hizo una medición a la par con el medidor de pH comercial Hanna Instruments para poder hacer la comparación.

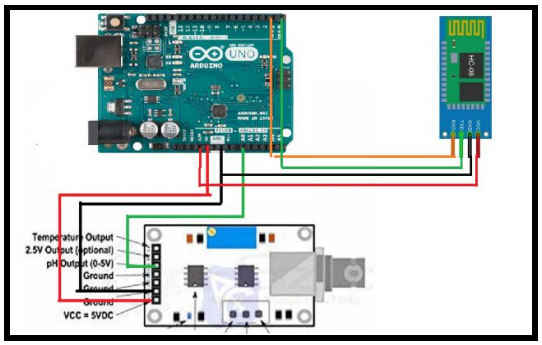


Figura 4. Diagrama de conexión tarjeta arduino, módulo Bluetooth y sensor de pH.

El software para el diseño del circuito impreso y esquemático fue EASY EDA. Se realizó con los componentes mínimos y necesarios para la lectura del sensor de pH y poder usar en lugar de la tarjeta de arduino UNO comercial (Figura 5). Se realizó una prueba del diseño propuesto en protoboard para comprobar el correcto funcionamiento del circuito(Figura 6).

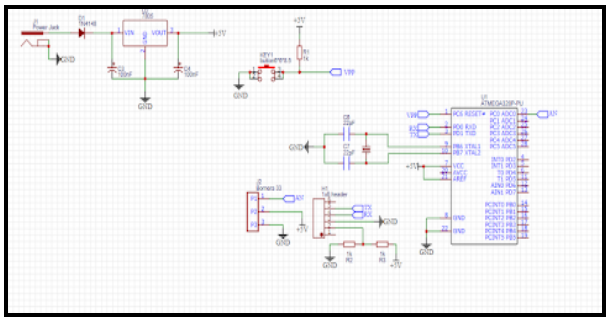


Figura 5. Diagrama esquemático del diseño propuesto en base a tarjeta de arduino UNO.

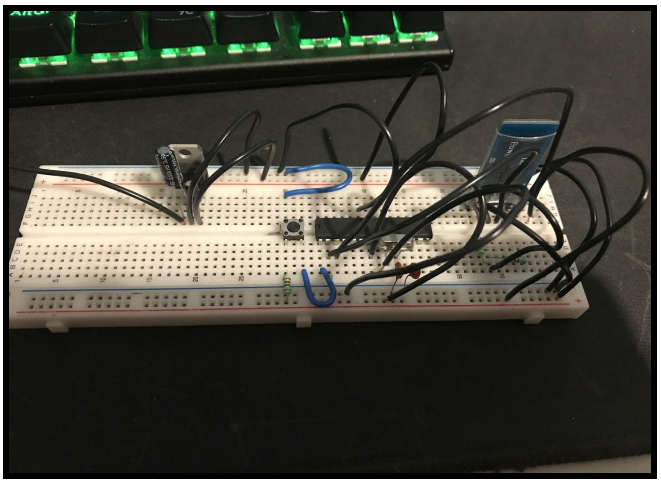


Figura 6. Prueba de funcionamiento en el protoboard del diseño propuesto.

Con base a las pruebas en la protoboard se realizó el diseño del circuito impreso (Figura 7) en el mismo software donde se generó el diagrama esquemático.

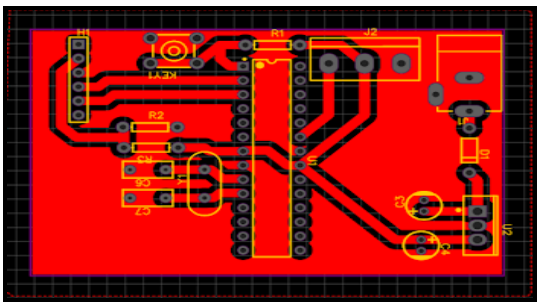


Figura 7. Esquemático del circuito eléctrico y circuito impreso

Diseño y desarrollo de aplicación móvil

Se midió constantemente la variable de pH y se hizo el programa en el software Java para recibir el valor de pH de la señal procesada en el arduino donde dicho valor se obtuvo sensor E-201-C. Los valores de pH ya dentro de la aplicación los guarda en un archivo tipo .txt., para después hacer uso de ello.

En el software de Android Studio, se generó una aplicación en lenguaje de programación JAVA, en la cual se crearon dos pantallas principales: la primera muestra una tabla con los dispositivos bluetooth vinculados para que permita seleccionar el módulo

Bluetooth por el cual se va a comunicar (Figura 8), y la segunda es para el monitoreo de pH (Figura 9). Cada ventana visual cuenta con su parte lógica.

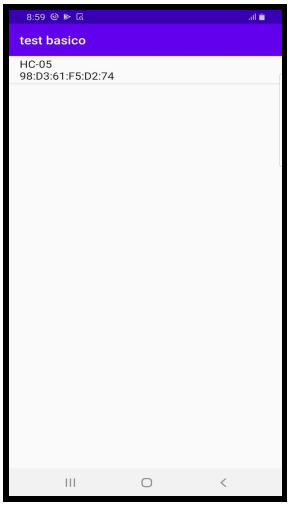


Figura 8. Ventana de selección de dispositivo a conectar.

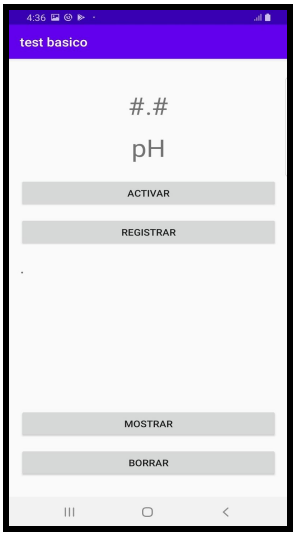


Figura 9. Ventana principal de la aplicación.

Con el dispositivo seleccionado en la ventana de la figura 6, se muestra la segunda ventana (figura 9), la cual visualiza cuatro botones: Activar (1), Registrar (2), Mostrar (3) y Borrar (4).

El botón (1) activa la recepción de datos y los muestra en la pantalla en la parte superior (Figura 9).

El botón (2) registra en el sistema una nueva entrada (Figura 10), esta entrada contiene el valor de pH y la hora en la que se guardó.

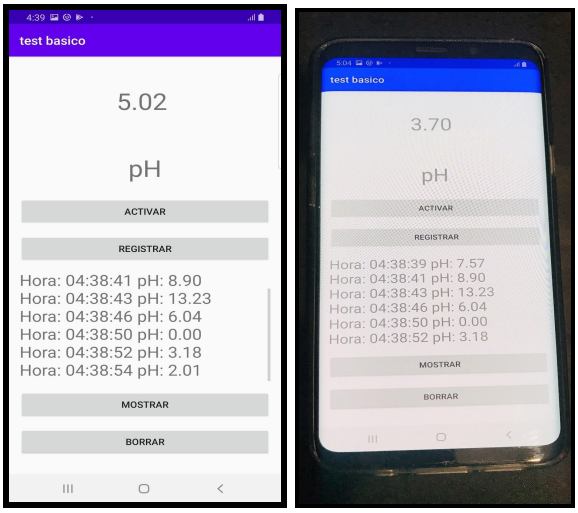


Figura 10. Aplicación en funcionamiento.

El botón (3) muestra las entradas previamente guardadas como se pueden ver en la figura 10, y el botón (4) borra todas las entradas guardadas según lo requiera el usuario.

Los datos generados se guardan en un archivo formato .txt. (Figura 11). Estos se encuentran en la aplicación, no se pueden ver en el explorador de archivos del teléfono móvil, se requiere de Android Studio o de la aplicación para poderlos ver.

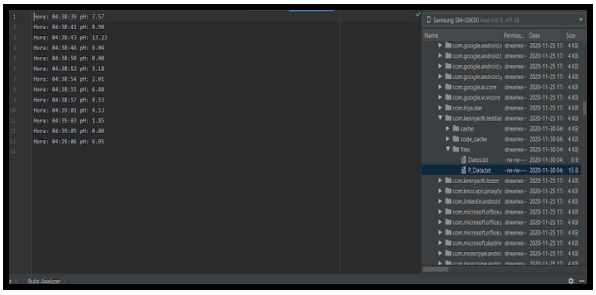


Figura 11. Datos guardados en el sistema.

La figura 10 muestra un ejemplo de cómo se visualiza la aplicación en funcionamiento en un dispositivo móvil marca Samsung modelo S9. Este tipo de aplicación puede usarse en cualquier dispositivo de cualquier marca, solo que el sistema operativo sea Android.

También, se generó una prueba de comunicación sin el sensor utilizando un potenciómetro para poder observar el correcto funcionamiento de la adquisición de datos por medio de Bluetooth y la tarjeta arduino (Figura 12).

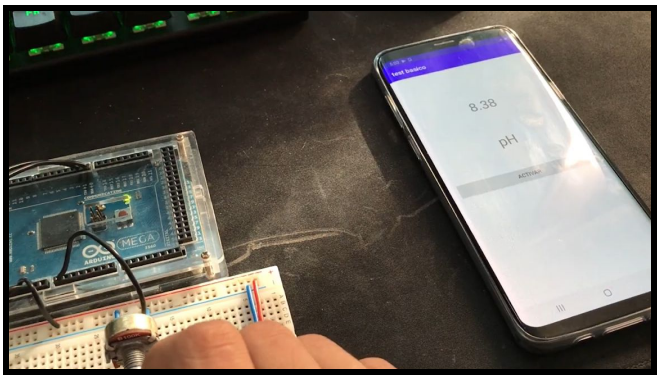


Figura 12. Prueba de adquisición de datos.

Discusión y Conclusiones

Existen sistemas automáticos que ayudan a controlar la temperatura, pero no un sistema que controle la variable de pH en producciones acuícolas, por ello en futuros trabajos se buscará diseñar, construir y aplicar un sistema que controle esta variable fundamental en el proceso de recirculación de agua para la producción acuícola ya que el pH, determina en gran medida el porcentaje de rendimiento del producto y la rentabilidad del mismo.

De esta forma se ayudaría a mejorar la calidad de agua para la producción intensiva de peces ya que se podría estar monitoreando el valor del pH que se tiene en tiempo real y controlar el valor del mismo.

Concuerdo con Pérez (2013), donde la acuicultura presenta más avances para llevar a cabo los procesos de forma eficiente, por lo que se tiene que buscar estrategias de controles inteligentes que ayuden al usuario para alcanzar un buen rendimiento de su cultivo. Por otro lado existe la posibilidad que este tipo de sistemas interactúe en otros cultivos como lo comenta Rivera et al., (2018), quien midió el pH de forma casera en cuatro muestras de suelo, tomadas de diferentes lugares, con el fin de determinar cuál de estas poseía las condiciones más óptimas para el crecimiento de una planta y así conocer con claridad cómo se ve afectado el crecimiento de las plantas según el nivel de acidez que presenta el suelo al que esté sometida.

Hasta hoy esta aplicación podría optimizar el trabajo, monitoreando el pH en este tipo de sistemas, es decir que la aplicación puede interactuar en otros sistemas de producción agrícola.

Se ha presentado el diseño y construcción de un sistema para la medición y monitoreo de pH que es la variable física importante para la producción acuícola y agrícola en condiciones artificiales, la cual permite almacenar valores que ayudan a monitorear el comportamiento y que puede servir para diferentes cultivos que se producen en agua, así como también se puede hacer uso de la misma de una manera muy práctica, usando un dispositivo móvil.

Es importante comentar que este trabajo abarcará una segunda etapa, en la cual se está diseñando un control inteligente, para que pueda controlar el pH que el usuario requiera, a través de actuadores como válvulas, bombas centrífugas etc. e integrando otros dispositivos electrónicos para realizar todo el sistema de control.

Referencias bibliográficas

Alatorre, J. (2007) Calidad del agua y principios de diseño en los sistemas de recirculación acuícola (RAS). (Tesis de especialidad). Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Bautista, C. y Ruiz, V. Arce (2007) . Calidad de agua para cultivo de Tilapia en estanques de geomembrana. Universidad Autónoma de Nayarit, México. Revista Fuente Año 3, ISSN 2007-0713.

Hernández Barraza, César A., & Aguirre Guzmán, Gabriel, & López Cantú, David G. (2009). Sistemas de producción de Acuacultura con recirculación de

agua para la Región Norte, Noreste y Noroeste de México. Revista Mexicana de Agronegocios. ISSN: 1405-9282. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14118560012

Meyer. E. (2004). Introducción a la Acuacultura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Pérez, A, Bejarano J., & Barragán J. (2013). Construcción de un Sistema de Instrumentación para la Medición de la Temperatura, Ph y Oxígeno disuelto presentes en la Piscicultura bajo Condiciones de Estanque Artificial. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. Revista De Iniciación Científica, 4, 101-105. https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1829

Arduino. (s. f.). Arduino UNO Reference Design. Recuperado de https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-uno-schematic.pdf

Sistema de Ahorro de Energía Eléctrica para Viviendas

Del Angel Soria Francisco 018026879@upq.edu.mx
Martínez Hernández Daniel 017025320@upq.edu.mx
Olvera Delgado José Benjamín jolvera70@alumnos.uaq.mx
Pegueros Llaca Andrea apegueros24@uaq.alumnos.mx
Reséndiz Carranza Brayant Jesús bresendiz27@alumnos.uaq.mx
Suárez Cervantes Ulises Isai 018027252@upq.edu.mx

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
Universidad Politécnica de Querétaro, Querétaro, México

***Resumen*—Este informe presenta el proyecto desarrollado por la colaboración de alumnos de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ) junto con alumnos de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Dicho proyecto controla cargas eléctricas a partir de una aplicación para Smartphones o dispositivos móviles capaz de asignar horarios de prendido y apagado de cargas y monitorear la potencia de las cargas, así como también hacer el cálculo del consumo en kW/h mediante la medición de voltaje o corriente alterna implementando comandos de voz del asistente de Google.**

***Index Terms*—Potencia, corriente alterna, consumo eléctrico, control de consumo eléctrico**

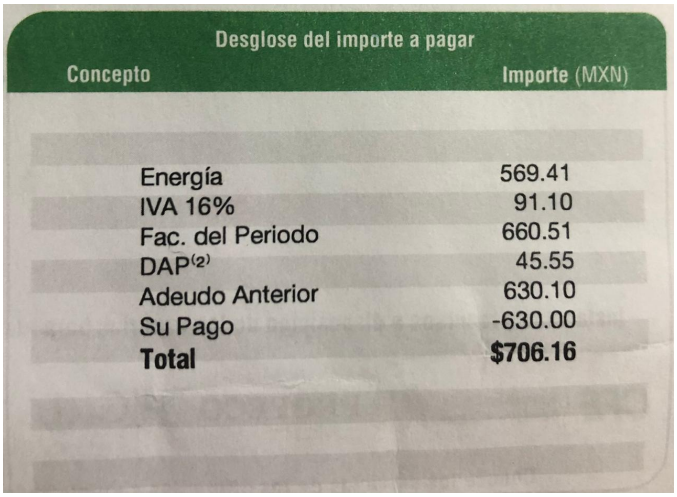
Descripción	Unidad	2016	2017	2018
Consumo nacional de energía (petajoules)	PJ	9,140.096	9,249.746	9,236.858
PIB nacional (miles de millones de pesos de 2013)1	$	17,784.718	18,147.787	18,551.600
Población nacional (millones de habitantes)2	pna	122.273	123.518	124.738
Intensidad energética (KJ/$ producido)	Num	513.930	509.690	497.901
Consumo per cápita de energía (GJ/hab.)		74.751	74.886	74.050
Consumo de electricidad (GWh)	GWh	260,051.895	259,881.837	277,928.224
Consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.)	Num	2,126.805	2,103.995	2,228.100
Producción (petajoules)	PJ	7,714.133	7,027.223	6,484.842
Oferta interna bruta (petajoules)		9,140.096	9,249.746	9,236.858
Relación producción entre oferta interna bruta	Num	0.844	0.760	0.702

Figura 1. Tabla para el Balance Nacional de Energía: Indicadores económicos y energéticos

I. Antecedentes

En México, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones en 2008, las fuentes naturales contribuyeron con 22 % y las antropogénicas con 78 % de las 71.2 millones de toneladas emitidas; a su vez, las emisiones antropogénicas, 7 % proviene de fuentes fijas, que incluyen, entre otras, las centrales eléctricas. De acuerdo con el INEGI la erogación por concepto de energía en los hogares representa 4.2 % del gasto en corriente de un hogar promedio. Esto asciende a $411.00 al mes. Este proyecto busca atacar ambas problemáticas tanto en el ámbito ambiental como en el ámbito financiero. Desde hace ya varios años la población en México ha incrementado y con ello todo se ha visto con la necesidad de expandirse incluyendo el uso de energías. Siendo más específico para el fin del proyecto el uso de energía eléctrica ha aumentado con el pasar de los años. En la figura 1 se puede apreciar una tabla realizada por la Secretaría de Energía (SENER) en la cual la Dirección General de Planeación e Información Energéticas se basa en información obtenida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO). La tabla muestra como del año 2016 al 2018 tanto la población nacional como el consumo de electricidad crecieron logrando así que el consumo per cápita aumentara

Dentro del ámbito ambiental el proyecto busca ayudar a la reducción de la huella de carbono en la población de México al medir la potencia eléctrica y facilitar la lectura de esta por medio de la aplicación móvil la cual también sirve para el control de en qué horarios las cargas estarán encendidas y apagadas. Y dentro del ámbito económico ya que en México existe la Comisión Federal de Electricidad (CFE) la cual es la encargada de las instalaciones eléctricas junto con el monitoreo y cobro del uso de estas debe de tener una forma de ingreso.



Desglose del importe a pagar

Concepto	Importe (MXN)
Energía	569.41
IVA 16%	91.10
Fac. del Periodo	660.51
DAP(2)	45.55
Adeudo Anterior	630.10
Su Pago	-630.00
Total	**$706.16**

Figura 2. Ejemplo de un desglose del importe a pagar en un recibo de la CFE

La forma de ingreso se basa en la cantidad de energía eléctrica utilizada y en el factor potencia que tenga. El factor potencia es considerado como un indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía, es decir es una medida de la eficiencia o rendimiento de un equipamiento eléctrico. Y como se basa en la potencia eléctrica es dependiendo que valor tenga la potencia, si la potencia esta entre 0 y 0,9 se cobra una penalización, pero si es entre 0,9 y 1 se otorga una bonificación.

BONIFICACIÓN	$\frac{1}{4}[1-(\frac{90}{F.P.})] \times 100$	2.5
PENALIZACIÓN	$\frac{3}{5}[(\frac{90}{F.P.})-1] \times 100$	120

Figura 3. Formulas para calcular la bonificación o la penalización.

Así como los Smartphone han tenido un gran auge y hoy en día la mayoría de la población de México los utiliza, la tecnología avanza cada vez más y se vuelve parte de las cosas más cotidianas. Ahora ha escalado y gracias a la domótica lo cual Oxford define como el conjunto de técnicas orientadas a automatizar una vivienda, que integran la tecnología en los sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar o comunicaciones las casas inteligentes o Smart home son una realidad. Y aunque suene a algo muy a futuro ya no lo es. Un grupo compuesto por diversas cámaras empresariales, como la CMIC, Conaco Coparmex y los clústeres del Estado de Querétaro, planean que para el 2035, todo el estado de Querétaro se convierta en una Smart city, la creación de una Smart city implicará la integración de tecnología y el internet de las cosas en las actividades más comunes. En una entrevista con Bernardo Butrón Rosainz, director general en Vórtice IT Clúster Querétaro, mencionó que la zona cero será en el municipio de El Marqués, en Ciudad Maderas, ya distintas empresas comenzaron a implementar tecnología como cámaras de vigilancia con detección de rostro o sensores en los tanques de gas y de agua. Se prevé que a través de la iniciativa TD2035, la cual busca la suma de ideas y voluntades de diferentes sectores, para asegurar un crecimiento sostenible a través del desarrollo digital, por lo que esta ha aprovechado la base que ha creado Canacintra en el tema de Industria 4.0, se logre integrar las capacidades de todos los participantes a nivel estatal. La zona cero actualmente es un laboratorio viviente donde se conjuga el conocimiento de los centros de investigación.

Junto con los conceptos de casas inteligentes tenemos a los llamados asistentes ahora los más populares siendo Google Home, Siri y Alexa, los cuales son de las empresas más conocidas e importantes de tecnología actualmente google, Apple y Amazon respectivamente. Los asistentes son softwares que te permiten interactuar con ellos mediante comandos de voz para que te ayuden con diversas tareas. Dentro de las principales tareas que pueden realizar son ordenas casi cualquier cosa en línea, hacer un seguimiento de tus paquetes de Amazon, encontrar recetas audibles paso a paso, controlar los dispositivos de tu casa inteligente, leer libros; obtener horarios de películas, conciertos o eventos deportivos, ordenas pizza o encontrar restaurantes cercanos, pagar facturas, entre otras.

Alexa es el asistente digital de Amazon. Fue lanzado en 2014 por primera vez en Estados Unidos con los altavoces inteligentes Amazon Echo. Por parte de Google Home hizo su primera aparición en el mercado algo más tarde que Alexa, en 2016 de la mano de Google Allo. Sin embargo, con dos años menos de recorrido, su evolución ha sido tan grande que hoy en día compite con Alexa por el primer puesto entre los asistentes digitales. Mientras que Siri es el pionero de los asistentes que te mostramos, ya que su fecha de lanzamiento data de 2011. A diferencia de los otros dos, que pueden estar disponibles en dispositivos de diferentes marcas, Siri solo está disponible en dispositivos Apple. Es decir, puedes encontrarlo para iOS, macOS, tvOS y watchOS.

II. Metodología

II-A. Lógica de programación

II-A1. Diagrama de flujo: Aplicación móvil

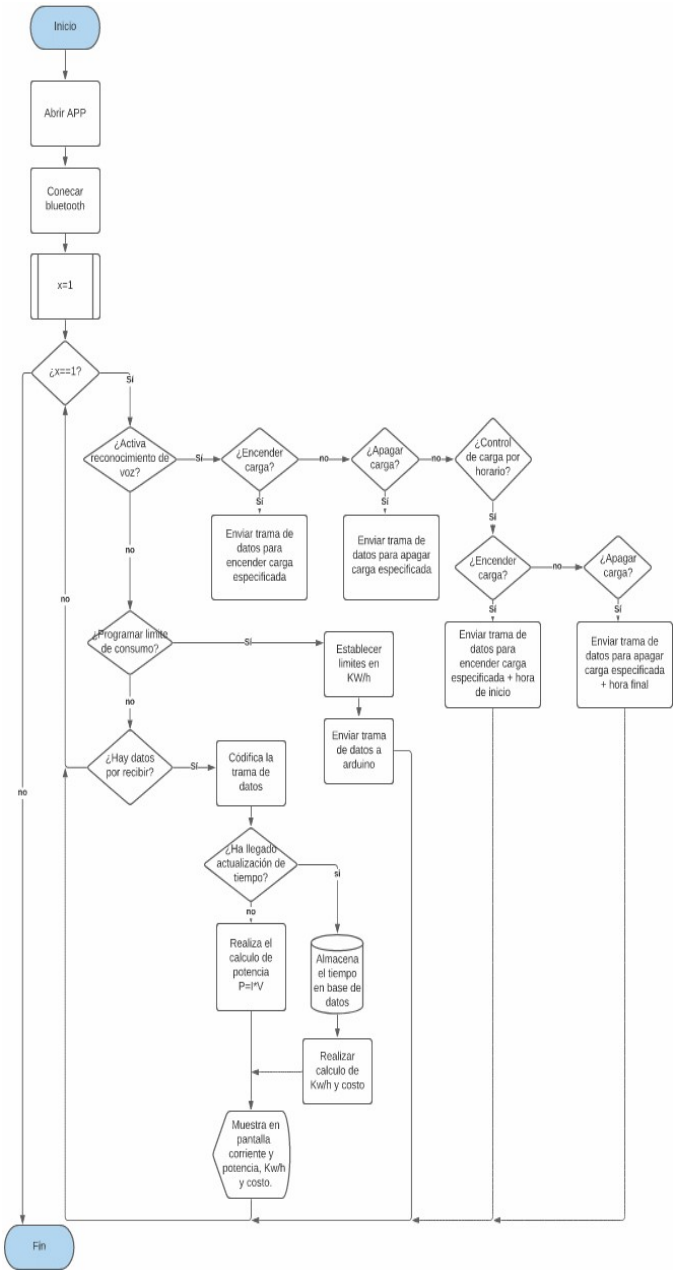


Figura 4. Diagrama de flujo de la aplicación

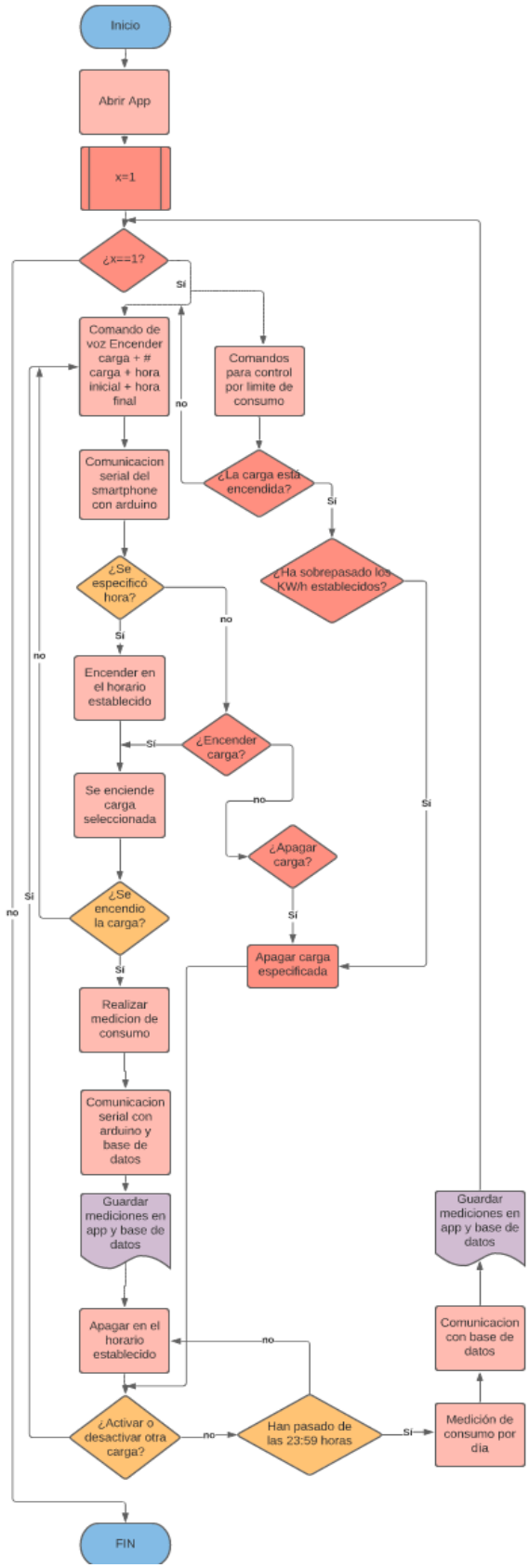


Figura 5. Diagrama de flujo de Arduino

II-A2. Diagrama de flujo: Arduino

II-A3. Pseudo código: Programa: Control de Cargas por Horarios

```
INICIALIZAR salida a relevador 1 con el pin digital de arduino 2
INICIALIZAR salida a relevador 2 con el pin digital de arduino 3
INICIALIZAR salida a relevador 3 con el pin digital de arduino 4
INICIALIZAR salida a relevador 4 con el pin digital de arduino 5
INICIALIZAR entrada al sensor 1 con el pin analogico de arduino A0
INICIALIZAR entrada al sensor 1 con el pin analogico de arduino A1
INICIALIZAR entrada al sensor 1 con el pin analogico de arduino A2
INICIALIZAR entrada al sensor 1 con el pin analogico de arduino A3

configuracion {
CONFIGURAR la velocidad del puerto serial
CONFIGURAR el reloj
}

AJUSTAR la hora del reloj tomando la hora de la computadora
INICIALIZAR los relevadores apagados

WHILE infinito {
LEER la hora actual y guardar en tiempo
SI el puerto serial esta disponible {
separar y guardar en distintas variables los datos recibidos de la app
}
SI el comando es de voz {
LEER los datos y guardar en las variables de voz
}
SI el comando es por limite de consumo {
LEER los datos y guardar en las varibles de limite de consumo
}
SI carga 1 es igual a encendido {
encender carga 1
}
ELSE {
apagar carga 1
}
SI carga 2 es igual a encendido {
encender carga 2
}
ELSE {
apagar carga 2
}
SI carga 3 es igual a encendido {
encender carga 3
}
ELSE {
apagar carga 3
}
SI carga 4 es igual a encendido {
encender carga 4
}
ELSE {
apagar carga 4
}

// selector de carga
IF hora inicial es igual a 25 y hora final es igual a 25 {
SWITCH carga{
1: apagar carga 1
2: apagar carga 2
3: apagar carga 3
4: apagar carga 4
}
}

// configuracion control de horarios
IF hora inicial y la hora final estan entre 1 y 24 {
SWITCH carga{
1: asignar las horas a la carga 1
2: asignar las horas a la carga 2
3: asignar las horas a la carga 3
4: asignar las horas a la carga 4
}
}

// Encendido de las cargas por control de horarios
IF la hora es mayor igual que la hora inicial y menor que la hora final de la carga 1 {
encender carga 1
}
IF la hora es mayor igual que la hora inicial y menor que la hora final de la carga 2 {
encender carga 2
}
IF la hora es mayor igual que la hora inicial y menor que la hora final de la carga 3 {
encender carga 3
}
IF la hora es mayor igual que la hora inicial y menor que la hora final de la carga 4 {
encender carga 4
}

// apagado de las cargas por horarios
IF la hora es igual que la hora final de la carga 1 {
apagar carga 1
cambiar valor de la hora final de la carga 1
}
IF la hora es igual que la hora final de la carga 2 {
apagar carga 2
cambiar valor de la hora final de la carga 2
}
IF la hora es igual que la hora final de la carga 3 {
apagar carga 3
cambiar valor de la hora final de la carga 3
}
IF la hora es igual que la hora final de la carga 4 {
```

apagar carga 4

cambiar valor de la hora final de la carga 4

}

}

II-B. Diseño de la placa PCB (Printed Circuit Board)

II-B1. Materiales: Para la realización de este proyecto optamos por usar un sensor intruso debido al costo y disponibilidad. El dispositivo elegido es el módulo ACS712, el cual manda un voltaje proporcional a la corriente de la carga leída al microcontrolador para postiormente enviar los datos a la aplicación móvil. Se decidio utilizar un Arduino Nano por tamaño y facilidad de acoplamiento a una PCB. Este microcontrolador por medio de un relé corta o deja fluir la energía de la carga seleccionada, y mediante comunicación bluetooth, se mandan los datos correspondientes dependiendo de la carga seleccionada.

II-B1a. ACS712: El dispositivo de medidor de corriente consta de un circuito preciso, bajo offset, sensor Hall lineal con una pista de cobre conductor ubicado cerca de la superficie de la matriz. La corriente aplicada que fluye a través de esta pista de conducción de cobre genera un campo magnético que es detectado por el IC integrado Hall y convertida en una tensión proporcional.

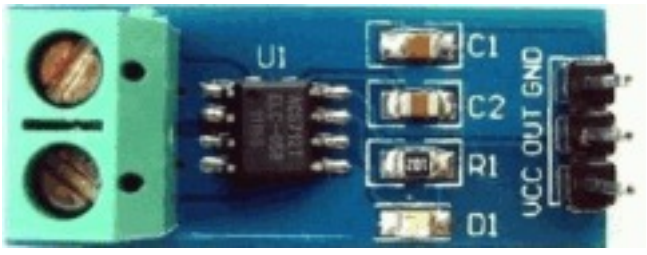


Figura 6. Módulo ACS712

II-B1b. Módulo bluetooth HC-05: El módulo de bluetooth HC-05 es un módulo Maestro-Esclavo, quiere decir que además de recibir conexiones desde una PC o tablet, también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth.



Figura 7. Módulo HC-05

II-B1c. Relevador: Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente.

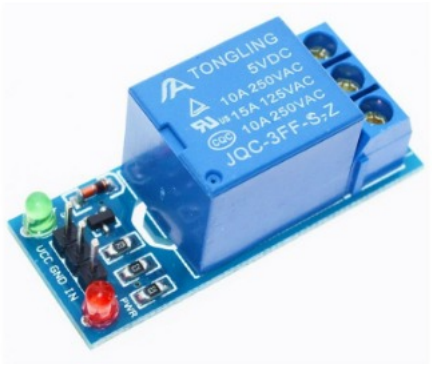


Figura 8. Relevador a 5V

II-B1d. Arduino Nano: Arduino Nano es una placa de desarrollo de tamaño compacto, completa y compatible con protoboards, basada en el microcontrolador ATmega328P.

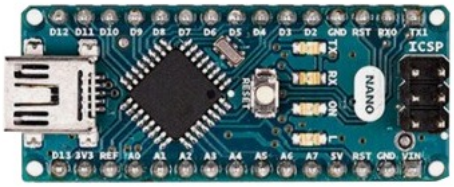


Figura 9. Arduino Nano

II-B1e. Diodo 2N2222A: Este dispositivo semiconductor es un transistor bipolar de juntura NPN.



Figura 10. Diodo 2N2222A

II-B1f. Resistencias: Elementos que se oponen al paso de la corriente eléctrica, son elementos fundamentales en cualquier proyecto eléctronico.

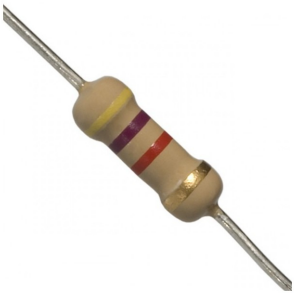


Figura 11. Resistencias

II-B2. Esquematico: El funcionamiento de este dispositivo comienza con la entrada de los datos por medio de la aplicación móvil, una vez capturados los datos se envian por medio de comunicación bluetooth al Arduino. Los datos serán recibidos por el módulo HC-05, los pines de este módulo (RX, TX GND, VCC) están conectados en el espacio J3. Los pines RX y TX, los cuales están conectados a los puertos TX y RX correspondientes del Arduino NANO (pines 17 y 18 de J2). El módulo RTC (Real Time Clock) está ubicado en J4, está conectado al arduino de sus pines 3 y 4 de J4 a los puertos 12 y 11 de J1 respectivamente. Una vez que se manda alguna orden a través de la aplicación al Arduino se emite la señal Cierre/Apertura al Relevador ubicado en J6 el cual está conectado a la carga que se está midiendo. A esta misma carga está conectado el módulo ACS712 ubicado en J5, el cual está conectado también al Arduino en el pin 7 de J1, que es el sensor encargado de medir la corriente y se manda la lectura del sensor al Arduino.

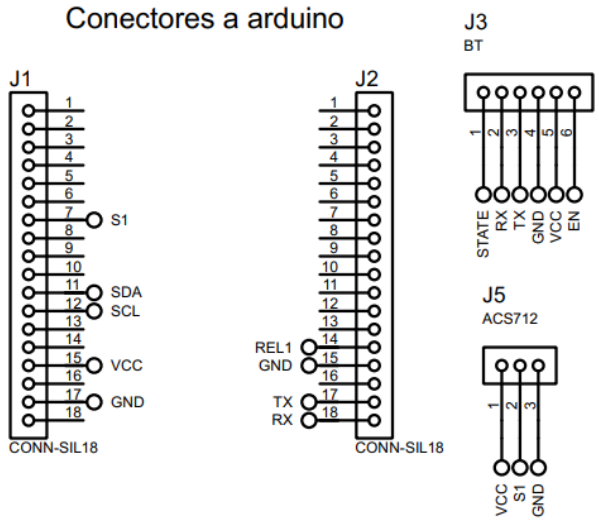


Figura 12. Modelo esquematico parte 1

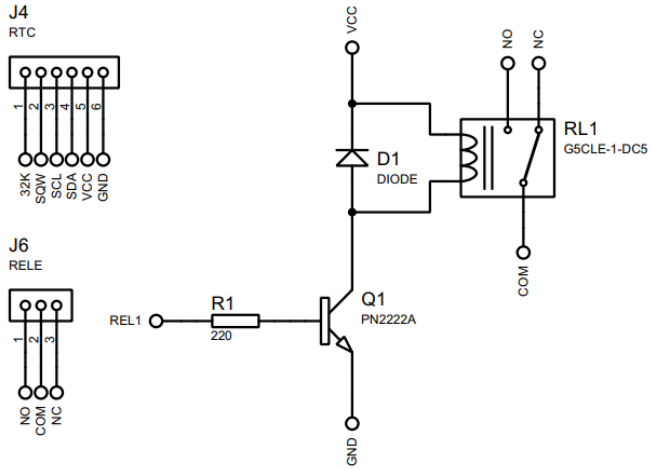


Figura 13. Modelo esquematico parte 2

II-B3. Placa PCB: Diseño de la placa PCB en 3D

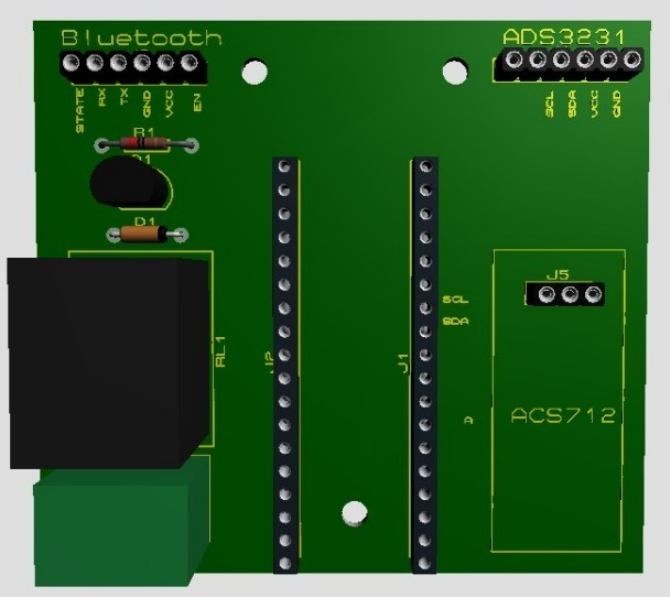


Figura 14. Diseño de la placa PCB 3D

III. Resultados

Interfaz de la aplicación móvil

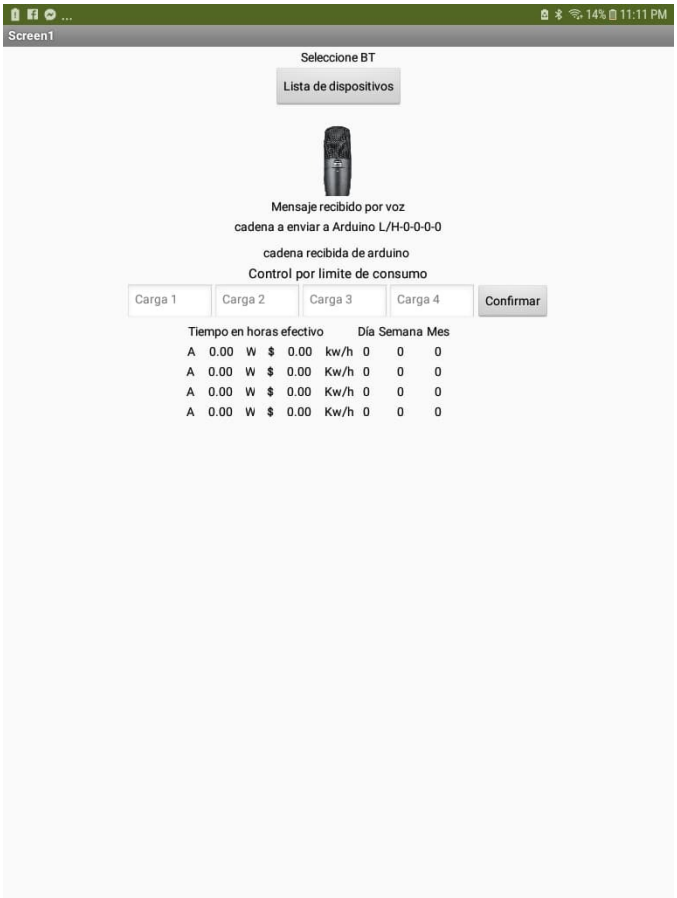


Figura 15. Interfaz de la aplicación móvil

Proyecto montado en la placa PCB

Con base en el esquemático, el diseño impreso de la placa y la proyección 3D se realizó la placa PCB y se soldaron los materiales previamente adquiridos.

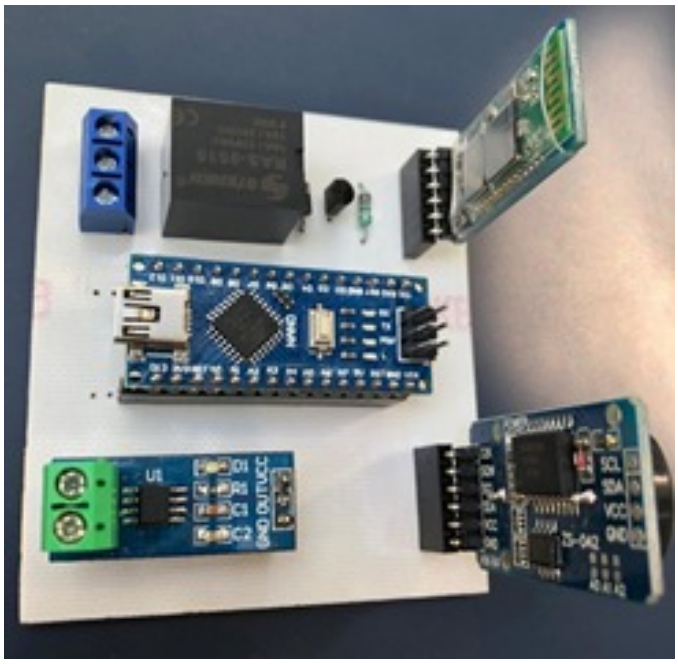


Figura 16. Proyecto montado en la PCB

Pruebas

Las pruebas realizadas fueron con un ventilador de consume 35 W. En las lecturas de los datos se pueden observar oscilaciones de -1 y +1 W.

```
Ip= 0.261 Irms= 0.184 W= 23.419
Ip= 0.248 Irms= 0.175 W= 22.228
Ip= 0.261 Irms= 0.184 W= 23.401
Ip= 0.248 Irms= 0.176 W= 22.311
Ip= 0.245 Irms= 0.173 W= 22.030
Ip= 0.468 Irms= 0.331 W= 42.022
Ip= 0.413 Irms= 0.292 W= 37.056
Ip= 0.404 Irms= 0.286 W= 36.296
Ip= 0.402 Irms= 0.284 W= 36.128
Ip= 0.401 Irms= 0.284 W= 36.044
Ip= 0.406 Irms= 0.287 W= 36.448
Ip= 0.404 Irms= 0.286 W= 36.285
Ip= 0.424 Irms= 0.299 W= 38.035
Ip= 0.396 Irms= 0.280 W= 35.573
Ip= 0.394 Irms= 0.278 W= 35.346
Ip= 0.400 Irms= 0.283 W= 35.929
Ip= 0.387 Irms= 0.274 W= 34.774
Ip= 0.394 Irms= 0.279 W= 35.390
Ip= 0.391 Irms= 0.276 W= 35.069
Ip= 0.406 Irms= 0.287 W= 36.417
Ip= 0.385 Irms= 0.272 W= 34.603
```

Figura 17. Lecturas del ventilador

```
Ip= 0.370 Irms= 0.262 W= 33.234
Ip= 0.352 Irms= 0.249 W= 31.607
Ip= 0.377 Irms= 0.266 W= 33.823
Ip= 0.408 Irms= 0.289 W= 36.647
Ip= 0.385 Irms= 0.272 W= 34.569
Ip= 0.405 Irms= 0.286 W= 36.380
Ip= 0.383 Irms= 0.271 W= 34.412
Ip= 0.397 Irms= 0.280 W= 35.603
Ip= 0.397 Irms= 0.281 W= 35.645
Ip= 0.383 Irms= 0.271 W= 34.384
Ip= 0.340 Irms= 0.241 W= 30.560
Ip= 0.332 Irms= 0.235 W= 29.819
Ip= 0.333 Irms= 0.235 W= 29.881
Ip= 0.335 Irms= 0.237 W= 30.057
Ip= 0.355 Irms= 0.251 W= 31.846
Ip= 0.332 Irms= 0.234 W= 29.774
Ip= 0.335 Irms= 0.237 W= 30.068
Ip= 0.336 Irms= 0.238 W= 30.167
Ip= 0.350 Irms= 0.248 W= 31.460
Ip= 0.337 Irms= 0.238 W= 30.249
Ip= 0.328 Irms= 0.232 W= 29.425
```

Figura 18. Lecturas del ventilador acercándolo al sensor

Posteriormente se acercó el ventilador al sensor obteniendo lecturas distintas. Donde las lecturas varían hasta 29 o 30 W, esto se debe a que el campo electromagnético que genera el motor, al ser una carga inductiva. Recordemos que el principio de funcionamiento del sensor es de efecto Hall, por lo que un campo electromagnético cerca del sensor nos provoca falsas lecturas sobre el consumo en termino de corriente.

Las lecturas de potencia sin carga son de 19 W, gracias a la resolución del sensor y que es de baja gama, cuando se enciende el ventilar se logra ver el incremento en la potencia a 38 W debido a que es el momento donde el ventilador cambia de estar en un estado de reposo a estar en un estado dinámico, es decir, rompe el coeficiente de fricción estático, en términos de ingeniera de control se llama "pico máximo de la respuesta", posteriormente se estabiliza.

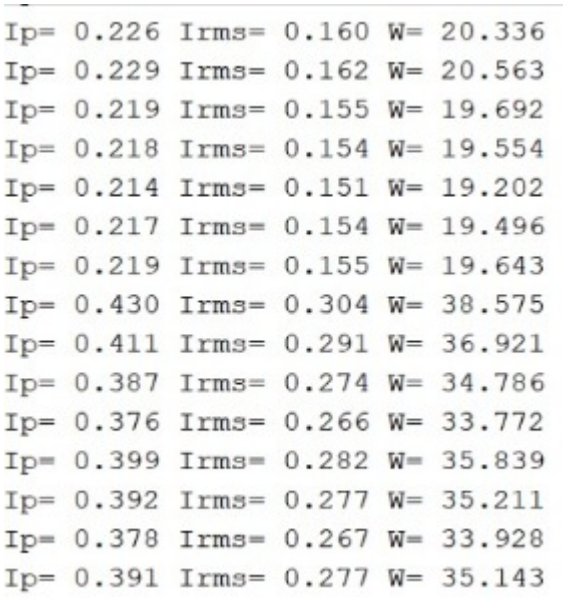


Figura 19. Lecturas del ventilador pasando de apagado a encendido

IV. Referencias

[1]"SENER | Sistema de Información Energética | Indicadores energéticos nacionales", Sie.energia.gob.mx, 2020. [Online]. Available: http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action = cuadro&cvecua=IE0C01. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[2]"Información al Cliente Conoce el recibo", Cfe.mx, 2020. [Online]. Available: https://www.cfe.mx/Casa/InformacionCliente/Pages/Conoce-tu-recibo.aspx. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[3]"Oxford Languages and Google - Spanish | Oxford Languages", Languages.oup.com, 2020. [Online]. Available: https://languages.oup.com/google-dictionary-es/. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[4]C. Energía, "Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes", gob.mx, 2020. [Online]. Available: https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-en-eficiencia-energetica-vigentes. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[5]"Presentan Iniciativa TD2035, una economía del conocimiento", Klever, 2020. [Online]. Available: https://www.klever.com.mx/presentan-iniciativa-td2035-una-economia-del-conocimiento/. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[6]"CyD", Cyd.conacyt.gob.mx, 2020. [Online]. Available: https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=482. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[7]"Proyectan a Querétaro como la primer 'smart city'", AM Querétaro, 2020. [Online]. Available: https://amqueretaro.com/queretaro/2020/09/09/proyectan-a-queretaro-como-la-primer-smart-city/. [Accessed: 24- Nov- 2020].

[8]T. Cuenca, "Alexa, Google Assistant y Siri. Los mejores asistentes de voz hoy en día", Domoticada, 2020. [Online]. Available: https://www.domoticada.com/alexa-google-assistant-siri-asistentes-de-voz/. [Accessed: 24- Nov- 2020].

[9]2020. [Online]. Available: https://www.ecrobotics.com.bo/producto/acs712-sensor/. [Accessed: 23- Nov- 2020].

[10]"Arduino Nano | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea", Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea, 2020. [Online]. Available: https://arduino.cl/arduino-nano/. [Accessed: 23- Nov- 2020].

ANEXOS

ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO

```
#include <Wire.h>       //Librería comunicación I2C
#include <RTClib.h>     //Librería para usar el RTC
#include <Separador.h>  //Librería para separar una cadena de caracteres recibidos por medio de un caracter especifico (-)
Separador s;            //Creación del objeto separador
RTC_DS3231 rtc;         //Creación del objeto rtc, el formato que maneja es de 24 hrs
//Salidas a relevador
int carga_1=2;          //Pin digital de arduino
int carga_2=3;
int carga_3=4;
 int carga_4=5;
 //Entradas de ACS712
 int S1=A0;              //Pines analogos de arduino
 int S2=A1;
 int S3=A2;
 int S4=A3;
 //Variables globales
 int estado,carga,H_I,H_F;                    //Control por voz y horarios, datos recibidos
 int IL1,IL2,IL3,IL4;                         //Control por limite de consumo (IL1= Intensidad Limite 1), datos recibidos
 int HIC1,HFC1,HIC2,HFC2,HIC3,HFC3,HIC4,HFC4; //Almacena la hora programada de manera independiente para cada carga
 int TM1=0, TM2=0, TM3=0, TM4=0;              //Almacena el tiempo transcurrido en minutos mientras la carga esté encendida
 boolean EC1,EC2,EC3,EC4;                     //Almacena el estado de cada una de las cargas de manera independiente
 boolean incremento1=true,incremento2=true,incremento3=true,incremento4=true; //Variables auxiliares para asegurar el incremento del tiempo solo una vez cada 59 segundos
 boolean mensaje=true;                        //Variable auxiliar para envía cada periodo de tiempo la actualización de el tiempo de encendido de cada carga, así como la corriente que demanda.

 void setup() {
 Serial.begin(38400);          //Valocidad a la que está la comunicación del BT

 if(! rtc.begin()){            //Configuración del modulo DS_3231
 Serial.print("Modulo RTC no detectado");
 while(1);
 }
 rtc.adjust(DateTime(2020,11,5,10,02,0));     //Configuración de fecha (año,mes,día, hora, min, seg) de manera manual
 //rtc.adjust(DateTime(__DATE__,__TIME__)); //Configuración de la hora tomada de la PC

 pinMode(A0,INPUT);
 pinMode(A1,INPUT);
 pinMode(A2,INPUT);
 pinMode(A3,INPUT);

```

```
 pinMode(carga_1,OUTPUT);
 pinMode(carga_2,OUTPUT);
 pinMode(carga_3,OUTPUT);
 pinMode(carga_4,OUTPUT);

 digitalWrite(carga_1,HIGH);   //Iniciamos con los reles apagagos(salida negada)
 digitalWrite(carga_2,HIGH);
 digitalWrite(carga_3,LOW);    //Iniciamos con los leds apagados
 digitalWrite(carga_4,LOW);
 }


 void loop() {
 DateTime tiempo = rtc.now();                                    //Almacena la fecha y hora en la variable
 //Recepción de datos de app x-x-x-x-x
 if(Serial.available()){
   String datosRecibidos = Serial.readString();
   String comando_S = s.separa(datosRecibidos, '-', 0);   //Seperando los datos recibidos (-)
   String dato1_S  = s.separa(datosRecibidos, '-', 1);
   String dato2_S  = s.separa(datosRecibidos, '-', 2);
   String dato3_S  = s.separa(datosRecibidos, '-', 3);
   String dato4_S  = s.separa(datosRecibidos, '-', 4);

   if(comando_S=="H"){                                    //Recibe datos de control ON-OFF, VOZ
   estado = atoi(dato1_S.c_str());
   carga = atoi(dato2_S.c_str());
   H_I = atoi(dato3_S.c_str());
   H_F =atoi(dato4_S.c_str());
   }

 //________Selección de cada una de los estados (HIGH-LOW) de manera independiente para cada una de las cargas________//
   if(estado==1 && carga==1){EC1=LOW;}else if(estado==0 && carga==1){EC1=HIGH;}
   if(estado==1 && carga==2){EC2=LOW;}else if(estado==0 && carga==2){EC2=HIGH;}
   if(estado==1 && carga==3){EC3=HIGH;}else if(estado==0 && carga==3){EC3=LOW;}
   if(estado==1 && carga==4){EC4=HIGH;}else if(estado==0 && carga==4){EC4=LOW;}


   if(comando_S=="L"){                                    //Recibe datos de control por limite de consumo
   IL1 = atoi(dato1_S.c_str());
   IL2 = atoi(dato2_S.c_str());
   IL3 = atoi(dato3_S.c_str());
   IL4 = atoi(dato4_S.c_str());
   }

 }
 //_____________________SWITCH SELECTOR DE CARGA simple_____________________//
   if(H_I==25 && H_F==25){
       switch(carga){
        case 1:
          digitalWrite(carga_1,EC1);
```

```
        break;
        case 2:
          digitalWrite(carga_2,EC2);
        break;
        case 3:
          digitalWrite(carga_3,EC3);
        break;
        case 4:
          digitalWrite(carga_4,EC4);
        break;
       }
   }
 //____________________________SWITCH configuración de control por horarios_____________________//
   if(H_I>=1 && H_I<=24 && H_F>=1 && H_F<=24){
       switch(carga){
        case 1:
        HIC1=H_I;
        HFC1=H_F;
        break;
        case 2:
        HIC2=H_I;
        HFC2=H_F;
        break;
        case 3:
        HIC3=H_I;
        HFC3=H_F;
        break;
        case 4:
        HIC4=H_I;
        HFC4=H_F;
        break;
       }
   }
 //___________________Encendido de las cargas por control de horarios_____________//
   if(tiempo.minute()>=HIC1 &&  tiempo.minute()<HFC1 && EC1==LOW){   //Al introducir a la condición el estado EC1, nos aseguramos que
     digitalWrite(carga_1,EC1);                                     //podemos apagar la carga en cualquier momento, incluso si es dentro del horario programado
   }

   if(tiempo.minute()>=HIC2 &&  tiempo.minute()<HFC2 && EC2==LOW){   //Negacion del rele.
     digitalWrite(carga_2,EC2);
   }

   if(tiempo.minute()>=HIC3 &&  tiempo.minute()<HFC3 && EC3==HIGH){
     digitalWrite(carga_3,EC3);
   }

   if(tiempo.minute()>=HIC4 &&  tiempo.minute()<HFC4 && EC4==HIGH){
     digitalWrite(carga_4,EC4);
   }
 //___________________Apagado de las cargas por control de horarios_____________//
   if(tiempo.minute()==HFC1){
```

```
142.   EC1=HIGH;
143.   digitalWrite(carga_1,EC1);
144.   HFC1=61;                          //Tomando este valor o una mayor a 24 hrs
   aseguramos que NO vuelva a entrar a este condicional
145.   }                                 //y la carga permancezca apagada hasta que
   no se le indique lo contrario.
146.
147.   if(tiempo.minute()==HFC2){
148.   EC1=HIGH;
149.   digitalWrite(carga_2,EC2);
150.   HFC2=61;
151.   }
152.
153.   if(tiempo.minute()==HFC3){
154.   EC1=LOW;
155.   digitalWrite(carga_3,EC3);
156.   HFC3=61;
157.   }
158.
159.   if(tiempo.minute()==HFC4){
160.   EC1=LOW;
161.   digitalWrite(carga_4,EC4);
162.   HFC4=61;
163.   }
164.
165. //___________________A partir de aquí no puedes modificar las variables de
   tiempo________//
166. //_________________Monitoreo de tiempo mientras las cargas están
   encendidas____________//
167.
168.  if(EC1==LOW  && tiempo.second()==59){     //si la carga está encendida y han
   pasado 59 segundos
169.    if(incremento1 == true){
170.    TM1++;                                 //Incrementa en 1 la variable
   tiempo en minutos
171.    incremento1=false;                     //Condición para incrementar solo 1
   vez la variable TM1
172.    }
173.  }
174.  if(tiempo.second() == 30){incremento1=true;} //Reiniciamos la variable
   incrementoX para poder entrar al if anterior
175.
176.
177.
178.
179.
180.
181.
182.
183.
184. //_________________Mandar por el serial el tiempo acumulado cada
   hora_____________________//
185.  if(tiempo.minute()==59){
186.   if(mensaje==true){
187.  // Serial.print("1-2-3-4"); //Mandamos primero el valor de las corrientes y
   despues TMX de manera consecutiva
```

```
188.                             //____Actualizar unas varibales de Horas para
   realizar el calculo de potencia por hora y así hacer la desactivación por
   limite de consumo
189.   mensaje=false;
190.   }
191.  }
192.  if(tiempo.minute() == 30){mensaje=true;}  //Reiniamos la variable mensaje
   para poder acceder al if anterior
193. //_______________Calcular la corriente que consume cada una de las
   cargas_______________//
194.
195. }
```

ANEXO B: PROGRAMACIÓN POR BLOQUES DE APP INVENTOR

Variables globales



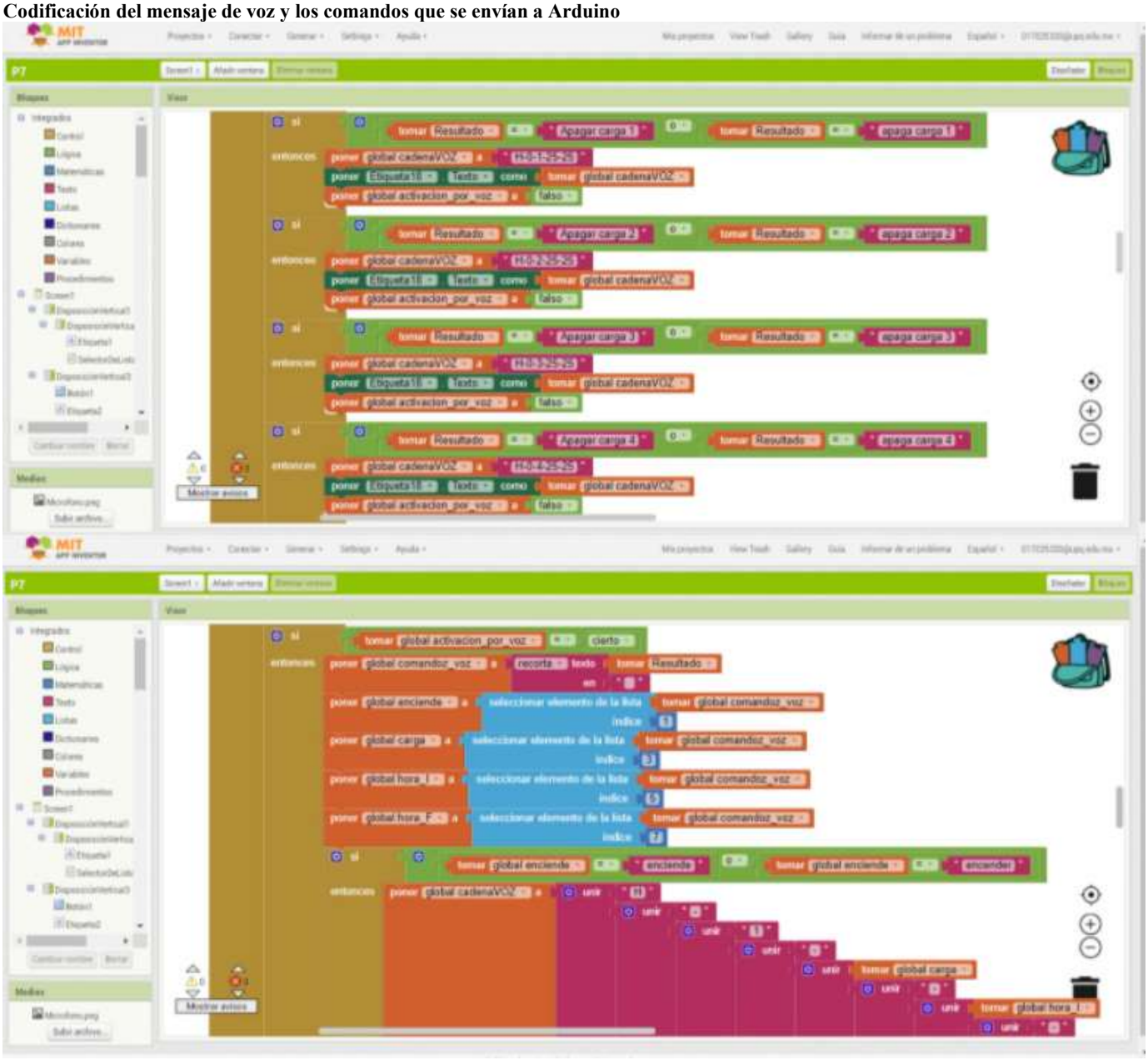
Conexión bluetooth y reconocimiento de voz

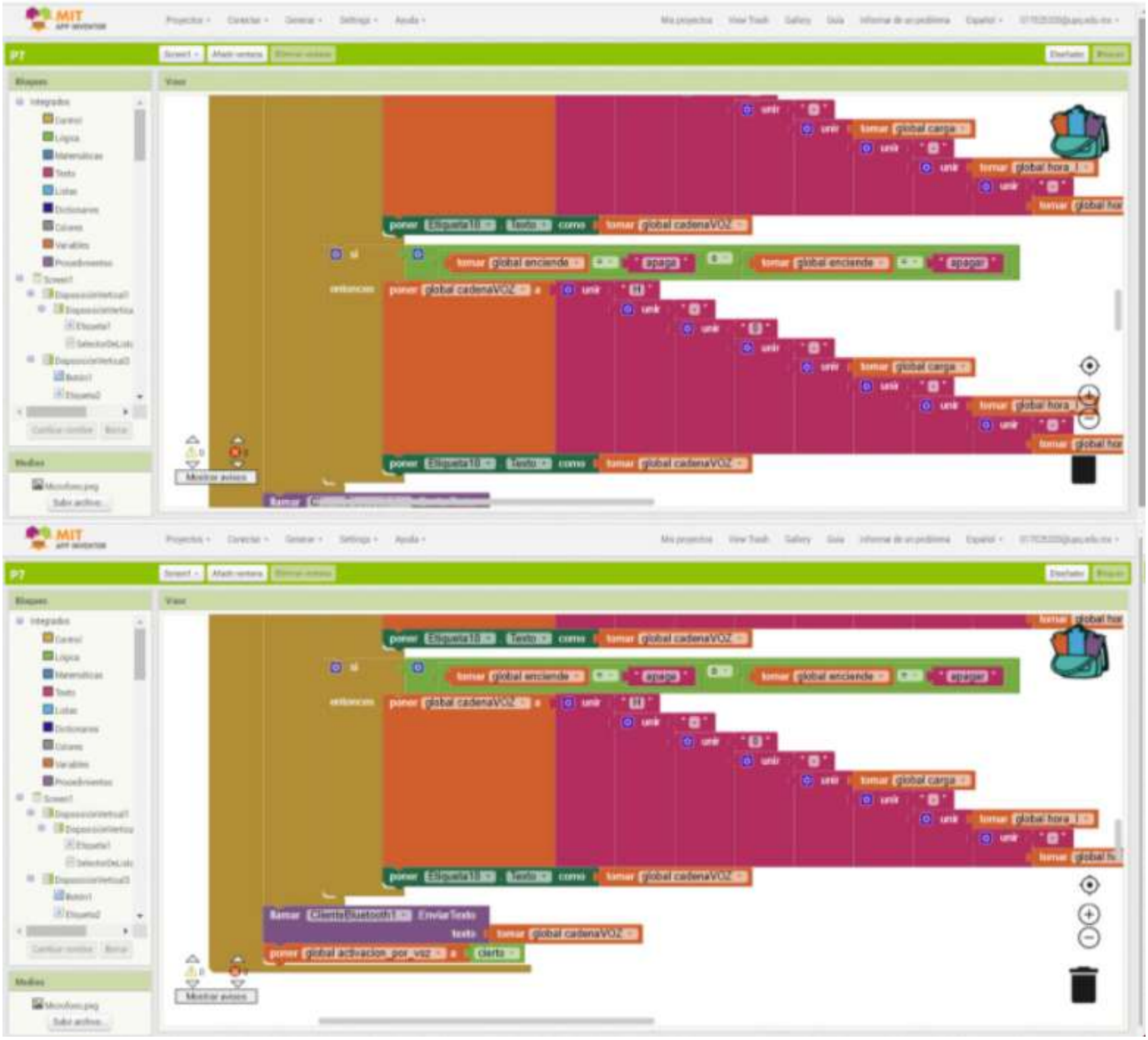



P7
inicializar global hora_F como
inicializar global cadenaVOZ como
inicializar global TD4 como
cuando SelectorDeLista1 AntesDeSelección
ejecutar poner SelectorDeLista1 Elementos como CienteBluetooth1 DireccionesYNombres
cuando SelectorDeLista1 DespuésDeSelección
ejecutar poner SelectorDeLista1 Selección como llamar CienteBluetooth1 Conectar
dirección SelectorDeLista1 Selección
cuando Botón1 Clic
ejecutar llamar ReconocimientoDeVoz1 ObtenerTexto
llamar Notificador1 RegistrarAviso
mensaje ReconocimientoDeVoz1 Resultado
ReconocimientoDeVoz1 DespuésDeObtenerTexto
Resultado parcial

P7
cuando ReconocimientoDeVoz1 DespuésDeObtenerTexto
Resultado parcial
ejecutar poner Etiqueta2 Texto como tomar Resultado
si tomar Resultado = encender carga 1 tomar Resultado = enciende carga 1
entonces poner global cadenaVOZ a H-1-1-25-25
poner Etiqueta16 Texto como tomar global cadenaVOZ
poner global activacion_por_voz a falso
si tomar Resultado = encender carga 2 tomar Resultado = enciende carga 2
entonces poner global cadenaVOZ a H-1-2-25-25
poner Etiqueta16 Texto como tomar global cadenaVOZ
poner global activacion_por_voz a falso
si tomar Resultado = encender carga 3 tomar Resultado = enciende carga 3
entonces poner global cadenaVOZ a H-1-3-25-25
poner Etiqueta16 Texto como tomar global cadenaVOZ
poner global activacion_por_voz a falso
si tomar Resultado = encender carga 4 tomar Resultado = enciende carga 4

Codificación del mensaje de voz y los comandos que se envían a Arduino





Se envía la parte de recepción de cadena de información de Arduino a APP



Control por límite de consumo, son variables que globales para esa función





Aplicación y evaluación de focos inteligentes en casas habitacionales.

Autor: M.C. Ponce-Chavez[1]
[1]Posgrado en Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. Mponce01@alumnos.uaq.mx
Asesor: G.J. Rios-Moreno[2].
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. riosg@uaq.mx

Resumen.
El inadecuado nivel de iluminación para las múltiples y diferentes actividades que se realizan en el hogar puede representar un problema e influir de manera negativa en el consumo superior de energía, la economía, el rendimiento y el nivel de confort de los habitantes. El objetivo de este análisis es conocer la experiencia y los resultados que presenta el uso de la tecnología de focos inteligentes para los miembros de familia en una casa habitación. La aplicación de este estudio se realizó en 4 diferentes hogares con usuarios de distintos rangos de edad y número de habitantes, a los cuales se les proporciono durante 10 días el suministro de 1 puente Philips Hue, y 2 focos inteligentes marca Philips Hue Color de 9.5 W y 1800 lúmenes, posterior a ello contestar una encuesta referenciado a la experiencia de su aplicación y finalizando la metodología con gráficas de barras de las respuestas y analizar los resultados. Los resultados muestran aspectos específicos de 4 factores: Tecnología, confort y seguridad, ambiente y precio, las cuales se tomaron como criterios para conocer la experiencia de la aplicación de los focos inteligentes, detallando los beneficios principales, los contras del suministro, los usos más comunes de empleo, y la dependencia de los factores para poder lograr una experiencia de prueba satisfactoria.

Palabras Clave: Foco inteligente; Casa habitación; Energía; Tecnología; Confort; Philips Hue.

Abstract
The inadequate level of lighting for the many different activities carried out in the home can represent a problem and negatively influence higher energy consumption, the economy, performance and comfort level of the inhabitants. The objective of this analysis is to understand the experiences and results of the use of smart lighting technology for families in the home. The study was performed on four different homes with varying age ranges and number of inhabitants. They were each given a supply of one Philips Hue bridge and two 9.5 watts, 1,800 lumen Philips Hue Color smart lightbulbs for a period of ten days. At the conclusion, the families completed a survey detailing their experiences of the application and finalizing the methodology with some bar graphs about the responses and the analysis of the results. The results demonstrate the experience of smart lighting across four criteria: technology, comfort and safety, environment, and price, to know the experience of the application of smart lights, focusing in the main benefits, the supply opportunities, the most common use and complying with the most satisfactory experience test.

Key Words: Smart lights; House; Energy; Technology; Comfort; Philips Hue.

1. Introducción

Los sistemas de iluminación en el sector residencial han ido incrementando y evolucionando considerablemente en los últimos años, el consumo mundial final de electricidad en este sector del año 1990 al 2018, tuvo un incrementó de 216,549 a 516,595 ktoe (International Energy Agency, 2018), 1 ktoe = 11630000 kWh, así mismo también se han desarrollado nuevas tecnologías como el cambio de bombillas incandescentes a la tecnología de focos LED (light-emitting diode por sus siglas en ingles), lo cual ha permitido un ahorro en cuanto al consumo energético, emisiones de carbono, mayor tiempo de horas luz, así como mayor intensidad lumínica (CFE, 2014), entre muchas ventajas, los focos LED son altamente eficientes y duran hasta 10 veces más que un foco común (Mendoza, 2014).

En la actualidad la tecnología, el confort y la conciencia ambiental han ido evolucionado y trabajado en conjunto para lograr grandes cambios en los consumibles que se administran diariamente. En las adecuaciones tecnológicas de los sistemas de iluminación inteligente, el confort lumínico ha tenido un alto desarrollo y preferencia, esto se refiere a la capacidad de realizar actividades con un grado adecuado de luz, donde el ojo humano no presente un agotamiento por exceso o falta de iluminación (Tareb, 2004), porque si bien se conoce el objetivo principal de los sistemas de iluminación inteligente es lograr la eficiencia energética sin sacrificar el confort visual de los usuarios.

En los proyectos de iluminación se consideran como parte del cumplimiento cualitativo dos aspectos de tarea visual que son: Confort visual y rendimiento de colores (UNE, 2012). Entre los factores principales a considerar para estos aspectos son las características que corresponden a los usuarios, como lo son los de tipo biológico - fisiológicos (edad, sexo, herencia etc.), los sociológicos (moda, alimentación, cultura, familia etc.) y las de tipo psicológicas, que son inherentes a la psique propia de cada individuo (AGÜERO, 2009).

Las características de los focos inteligentes permiten aplicar estos factores de manera personal para el adecuado y diseño personal de espacios de acuerdo a las necesidades de cada uno de los usuarios, entre sus variables se encuentran el cambio de luz, cambio de colores, contraste y el espectro de color para crear un ambiente de iluminación ideal y todo desde un dispositivo inteligente (PHILIPS, 2013). Existen muchas compañías que ofrecen focos inteligentes y controles de focos inteligentes entre ellas: Belkin, FX Luminaire, Lutron, Philips, entre otras (Miller, 2015).

Las tecnologías de iluminación de alta eficiencia permiten mejorar en hasta un 85 % la eficiencia energética, a la vez que proporcionan una calidad de luz igual o incluso mejor de acuerdo a el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2016).

Las ventajas que representan los focos inteligentes son:

- Mejorar el rendimiento total de un sistema de iluminación energéticamente eficiente y permitir ahorrar más energía.
- Reducir los costes de operación.
- Permitir automatizar el funcionamiento de los sistemas sin interacción humana constante (según el principio “configurar y olvidar”).
- Pueden recopilar datos de gran utilidad sobre desempeño, uso, incluso predictiva.

Por otro parte, las desventajas de los controles de iluminación han limitado la demanda de las mismas, como lo son:

- Elevado costo inicial en la adquisición de equipos adicionales para una instalación.
- Elevados costos de instalación y puesta en servicio debido al tiempo requerido para configurar correctamente el sistema de controles.
- Para administrar el sistema de manera eficaz, puede requerir experiencia en el uso de tecnologías de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2016).

Con los antecedentes mencionados, se realizó el análisis del periodo de prueba que tuvieron 4 diferentes familias al utilizar por primera vez focos inteligentes en sus viviendas, y con ello poder hacer una evaluación a detalle de las ventajas y desventajas que presentan de acuerdo a las diferentes características y necesidades.

2. Metodología.

El análisis de esta investigación se realizó para conocer la experiencia de diferentes familias de la aplicación de focos inteligentes por primera vez en una casa habitación, esto con base en las características del diagrama conceptual (Figura 1):

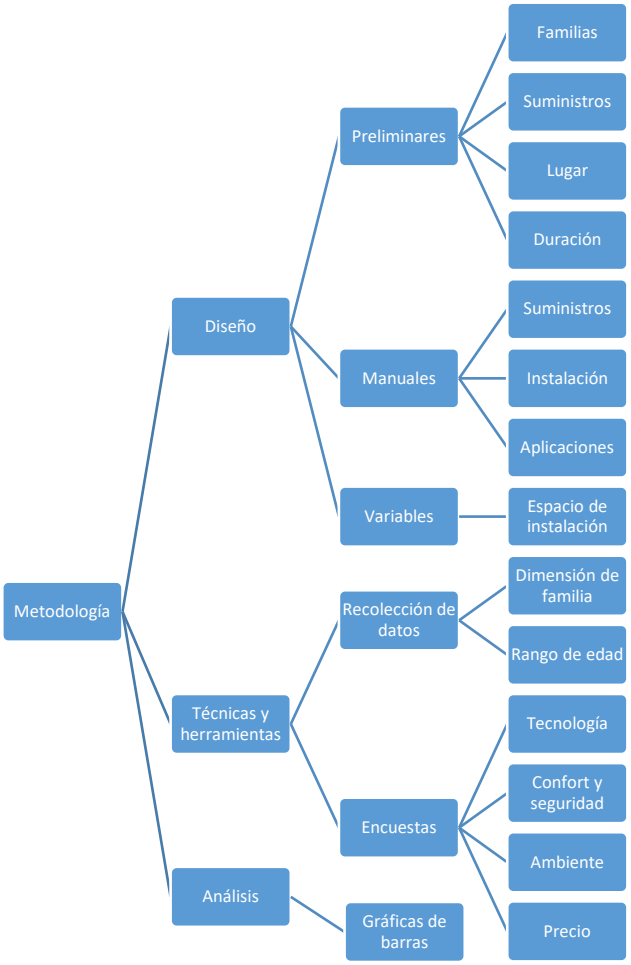


Figura 1. Diagrama para llevar el análisis metodológico conceptual para la evaluación de focos inteligentes en casa habitación.

2.1. Diseño.

Para este estudio se seleccionaron 4 familias diferentes, sin experiencia en la utilización de la tecnología de los focos inteligentes en su hogar. Se seleccionaron familias con diferente número de habitantes, de igual forma con diferente rango de edades de sus miembros entre sí.

Se suministraron 2 focos inteligentes marca Philips Hue Colores de 9.5 W y 1800 lúmenes por familia, así como 1 puente Philips Hue por familia por un periodo de 10 días. Además, se compartió información a detalle del fabricante referente a la correcta instalación, configuración y preguntas frecuentes respecto a los focos inteligentes Philips Hue Colores, el puente Philips Hue, también se compartió una lista de las aplicaciones por terceros disponibles para dispositivos Android y Apple.

La ubicación de la instalación de focos inteligentes fue seleccionada por los usuarios de acuerdo a las necesidades de cada uno de ellos. Se aplicaron como restricción de la instalación que debía permanecer en un espacio interior de la casa habitación y sin exceso de humedad, ejemplo de lugares permitidos: cocina, comedor, dormitorio, sala, sala de entretenimiento, vestidor, etc.

2.2. Técnicas y herramientas.

2.2.1. Recolección de datos previos.

Se recolecto previo a la selección y entrega de suministros, la información a detalle de cada una de las 4 familias (*F*), a las cuales se les denominó *F1, F2, F3 y F4*, mediante la técnica de entrevistas para conocer el número de miembros, rango de edades, género, Mujer (*M*) y Hombre (*H*), de cada uno de los habitantes, así como las ubicaciones donde se realizaría el reemplazo a foco inteligente (Figura 2).

Familia	Miembros	Edad/Género	Ubicación
F1	2	58 M y 60 H	Sala y Habitación
F2	4	6 H, 12 H, 36 M y 37 H	Sala de TV y Habitación
F3	3	0.5 M, 30 H y 32 M	2 habitaciones
F4	2	29 M y 30 H	Sala de TV y Habitación

Figura 2. Recolección de datos por familia.

2.2.2. Encuesta al término de la prueba.

Se entregó una encuesta por familia con un total de 10 preguntas con respuestas de opción múltiple de 3 rangos Bajo (*1*), Intermedio (*5*) y Alto (*10*) divididas en 4 secciones: tecnología, confort y seguridad, ambiente y precio, para evaluar la experiencia del uso de focos inteligentes durante el periodo de prueba establecido.

La primera parte de la encuesta “Tecnología” se subdivide en las siguientes preguntas con su rango de respuesta:

1. Experiencia en el uso de dispositivos electrónicos.
2. Facilidad de Instalación y configuración.
3. Empleo de más de un dispositivo para el encendido y apagado.

La segunda parte de la encuesta “Confort y seguridad” se subdivide en las siguientes preguntas con su rango de respuesta:

4. Confort en el manejo.
5. Frecuencia en la disminución de intensidad.
6. Manejo de aplicación móvil al exterior del hogar.

La tercera parte de la encuesta “Ambiente”:

7. Se pide señalar una o más casillas de los usos en que fueron empleadas y modificadas las luminarias.
8. Consideración de ahorro energético gracias a los diferentes modos disponibles.

La cuarta y última sección de la encuesta “Precio” se subdivide en las siguientes preguntas con su rango de respuesta:

9. Precio de suministro.
10. Consideración de compra.

Al término de la encuesta los usuarios compartieron de manera breve y personal lo más significativo del uso de los focos inteligentes.

2.2.3. Análisis.

Para comparar los resultados obtenidos en la encuesta aplicada se presentan los resultados en graficas de barras representando el Rango – Porcentaje de cada una de las preguntas en la encuesta.

El inciso 7. Se proyecta como una gráfica de barras representada en Usos – Porcentaje.

3. Resultados

Los resultados de la encuesta se ven representados en gráficas de barras para explicar el porcentaje de selección de las 4 familias en cuanto a la experiencia, siendo la primera respuesta del rango como una experiencia pobre, la segunda como intermedia y la última como una experiencia buena.

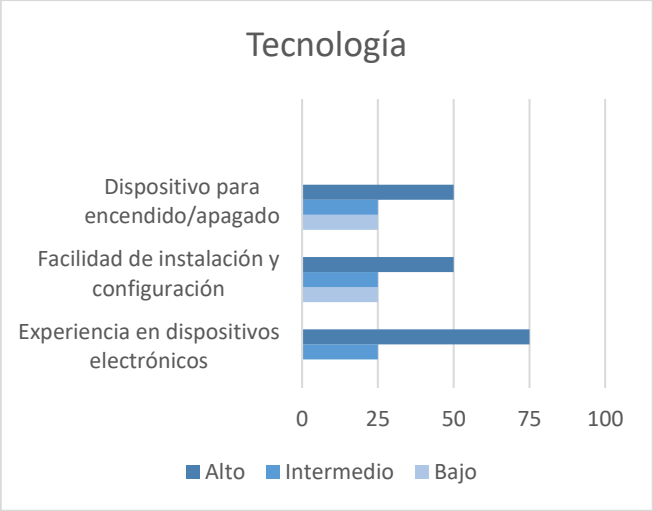


Figura 3. Factor Tecnología.

El 75% de las familias tiene experiencia en el manejo de dispositivos móviles, esto facilita a los usuarios al manejo de los focos inteligentes y sus aplicaciones. El 50% considero que fue fácil la instalación y configuración de los focos inteligentes y sus aplicaciones, el mismo porcentaje utilizo más de una variable para controlar el encendido y apagado de los focos inteligentes, entre más variables aplicadas en el control de estos mayores beneficios en el consumo de energía se pueden lograr (Figura 3).

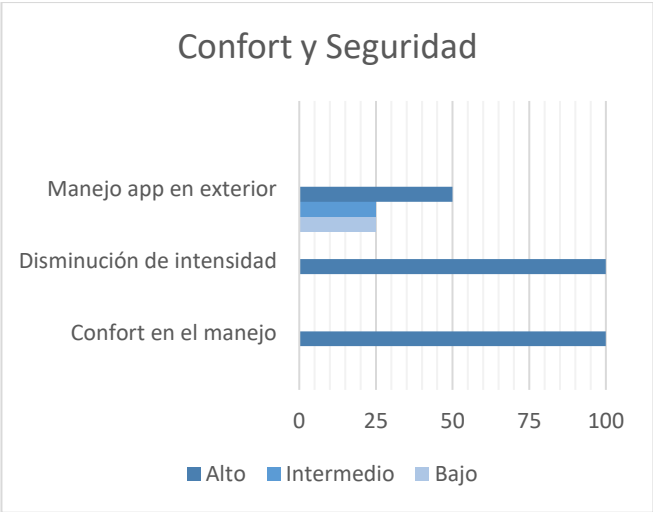


Figura 4. Factor Confort y Seguridad.

Todas las familias consideran los focos inteligentes como un suministro de confort y personalización que se adapta de acuerdo a las necesidades de cada individuo. Solo la mitad de la población manejo las luminarias a su elección estando fuera de casa (Figura 4).

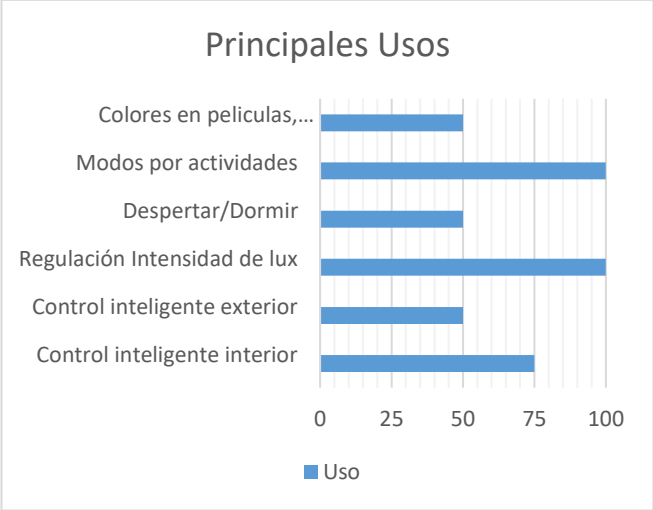


Figura 5. Principales Usos.

El 100% de las familias encuestadas consideran como principal uso la regulación de intensidad de los focos led y los cambios de luz, color e intensidad de acuerdo a las actividades que realicen. Solo ¾ de los encuestados aprovecharon la tecnología de los focos para el manejo inteligente dentro de su hogar y solo el 50% aprovecho aún más la tecnología para el manejo aún fuera de su hogar. Otras actividades fueron el cambio de color en modo de entretenimiento (películas y video juegos) y automatización para el encendido y apagado de acuerdo al sueño.

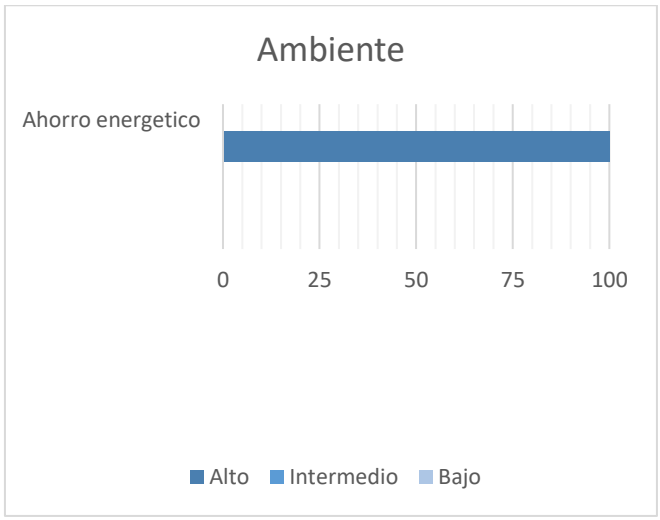


Figura 6. Factor Ambiente

El 100% de las familias consideraron que con las diferentes modalidades que tienen los focos inteligentes lograron tener un ahorro energético adicional en comparación a los focos tradicionales, gracias al manejo la regulación de intensidad de luz y el manejo de encendido/apagado fuera del hogar (Figura 6).

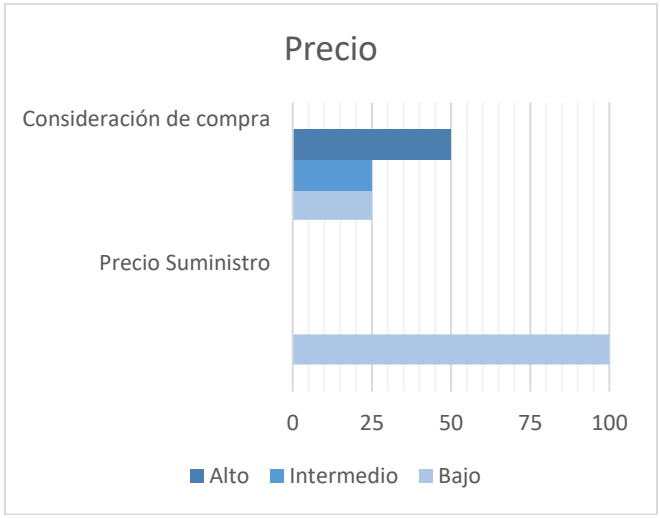


Figura 7. Factor Precio.

El precio de los focos inteligentes es considerado alto y es por ello que solo la mitad de la población de

muestra considera gracias a sus ventajas tenerlos en su hogar (Figura 7).

Comentarios Adicionales:
"Genera un buen espacio para tener una lectura cómoda y agradable."
"Los niños disfrutaron más los colores mientras veían películas o jugaban videojuegos."
"Ayuda a mantener un espacio cálido para el sueño de un bebe."
"Me parece muy practica la interactividad con mi celular para el economizar la energía utilizada."

Conclusiones.

En conclusión, queda claro que el aspecto principal que tiene un foco inteligente a los demás es el confort que este genera al crear espacios personalizados de acuerdo a las necesidades de cada individuo, entre mayor conocimiento se tenga en el uso de las tecnologías y dispositivos móviles se tendrá un aprovechamiento más rápido y preciso las tantas modalidades que este suministro puede ofrecer. Se considera también como un dispositivo que gracias a sus múltiples aplicaciones su uso es satisfactorio para el ahorro de energía, sin embargo, el alto costo de suministro es la consideración unánime de insatisfacción.

La experiencia del uso de focos inteligentes en el hogar es, resultado satisfactorio, debido a la fácil personalización de iluminación en un espacio de acuerdo a las necesidades y gustos específicos de cualquier miembro, de cualquier familia.

Referencias

AGÜERO, R. (2009). *Tesis de maestría en arquitectura "Elementos de confort lumínico y térmico en el clima de la ciudad de Lima"*. Catalunya, Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya.

CFE. (21 de 01 de 2014). *FIDE*. Obtenido de www.fide.org.mx/index.php?option?=com_content&view=article&id=120&Itemid=218

International Energy Agency, I. (2018). *International Energy Agency, IEA*. Obtenido de https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/world-energy-balances-and-statist

Mendoza, N. R. (2014). Focos LED, más que ahorradores. *Green Life Magazine*, 24.

Miller, M. (2015). *The internet of things.* Indianapolis: Que.

PHILIPS, K. (08 de 11 de 2013). Philips hue Iluminación inalámbrica personal, Paquete de inicio. (2.1.1). Estados Unidos. Obtenido de www.philips.com

PNUMA. (2016). Aceleración de la adopción mundial de la iluminación energéticamente eficiente. *U4E, United for Efficiency*.

Tareb. (2004). Iluminación. España.

UNE. (2012). *UNE-EN 12464-1:2012 Norma europea sobre la iluminación para interiores.* España.

Sistema de vigilancia distribuido basado en un lenguaje de descripción de eventos.

Selene Ramírez-Rosales[1], Alberto Vázquez-Cervantes[2], Ana Marcela Herrera-Navarro[1], Hugo Jiménez-Hernández[2].

[1] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Informática Av. de las Ciencias S/N, Juriquilla, 76230 Santiago de Querétaro, Qro., México.

[2] Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702. Desarrollo San Pablo. Querétaro, Qro. México.

seleneramirezrosales@gmail.com
albertovcervantes@gmail.com
anaherreranavarro@gmail.com
hugojh@gmail.com

Resumen. Existen diferentes enfoques para desarrollar un sistema de vigilancia basados en una variedad de criterios, demandas e implementaciones, principalmente orientados a la reducción de recursos, tiempo de ejecución y desempeño, además de la variedad de elementos que existen en el mercado, con variaciones en los métodos utilizados, así como las posibles complicaciones en la comunicación. Por tal motivo, la propuesta se centra en la definición de un sistema de vigilancia distribuido basado en un lenguaje de descripción de eventos para implementar la comunicación con componentes físicamente separados, donde a través del lenguaje de descripción de eventos facilita la comunicación y definición de los comportamientos o actividades entre escenarios. La propuesta es una alternativa para un mayor acceso a usuarios, principalmente aquellos con sin conocimiento en métodos de descripción de eventos y sistemas distribuidos, evitando el uso de recursos de los usuarios para la consulta y descentralizando las actividades.

Palabras clave: Sistemas de vigilancia, sistema distribuido, lenguaje, reconocimiento de actividades.

Abstract. There are different approaches to the development of a surveillance system based on a variety of criteria, requirements and implementations, mainly geared towards resource reduction, execution time and performance. In addition to the variety of elements that exist on the market, with variations in the methods used, as well as possible complications in communication. For this reason, the proposal focuses on the definition of a distributed surveillance system based on an event description language for communication with different components, where the event description language facilitates the configuration of components, communication and definition of behaviors or activities between scenarios. The proposal is an appropriate alternative for greater access to users, in particular those with limited knowledge of event description methods and distributed systems, avoiding the use of user resources for consultation and decentralization of activities.

Keywords: Surveillance Systems, Distributed System, Language, Activity Recognition.

Introducción

El análisis de imágenes en el área de visión por computadora resulta una herramienta de utilidad principalmente para el monitoreo el desplazamiento de objetos en un escenario, incluyendo los diferentes factores y reglas que se ven involucradas (Perera et al. 2017). El análisis de la dinámica de un objeto es una herramienta para actividades de mayor nivel de abstracción, como la inferencia de actividades o interacciones (Dao Thi Hue, Duong, and HoangVan 2017) (Anika et al. 2017).

Los sistemas de vigilancia están diseñados para proporcionar una comprensión y análisis de actividades basadas en el conocimiento adquirido y para operar sobre lo observado en diferentes contextos, incluyendo transporte, carreteras,

aeropuertos, escuelas, comercios, hogares, etc. (Perera et al. 2017).

En la actualidad ha aumentado la demanda de sistemas de vigilancia, por lo que se ha incrementado la búsqueda de alternativas para prevenir y predecir eventos. Sin embargo, los sistemas de vigilancia tienden a restringir la flexibilidad y el dinamismo, de las actividades por lo cual la búsqueda de alternativas para modernizar y adaptar la tecnología a las demandas actuales y de actividades complejas, entre ellas las interacciones (Lei et al. 2019).

Existen otros retos en el campo de la visión de imágenes, entre ellos; el manejo de diferentes tipos de cámaras, componentes y procesos que actualmente existen, lo cual dificulta la homogeneización de los sistemas; además la eficiencia y rendimiento para soportar grandes cantidades de solicitudes, y por último, la falta de estandarización y modularidad en códigos y acceso a la reutilización de algoritmos (Afrah et al. 2008).

La incorporación de sistemas de vigilancia a nuestro entorno generalmente implica restricciones que incluyen el acceso al tipo de componente, diferentes tipos de sensores, cámaras, etc. Así, como los diferentes tipos métodos para la detección e inferencia de eventos.

El entorno ahora está interconectado a través de componentes, donde cada uno aporta ciertas características orientadas a beneficios y objetivos definidos. Es por ello la importancia de tener y mantener la comunicación entre componentes para obtener un mayor acceso a la información, mayor conocimiento para analizar y predecir eventos hasta interacciones (Ghosh et al. 2012).

Por ello, la transformación del sistema de vigilancia en un Sistema Distribuidos (SD) supone la búsqueda de una mayor capacidad y la satisfacción de la demanda. Un SD es un conjunto de sistemas autónomos separados físicamente que se percibe como un sistema único (Afrah et al. 2008) (Coulouris et al. 2012).

La principal motivación para utilizar un SD es el compartir recursos, evitando la centralización de estos para un mayor acceso a la información a través de la incorporación de diferentes herramientas de análisis, inferencia y detección de actividad, incluyendo nuevos tipos de sensores, cámaras y dispositivos especializados, manteniendo la comunicación de cada uno de sus componentes para el envío, análisis y recepción de información (Kwapisz, Weiss, and Moore 2011) (Wei Qi 2012).

Además de las ventajas que existen al utilizar un SD entre ellas la concurrencia, flexibilidad, escalabilidad, tolerancia a fallas, intercambio de información, disponibilidad, portabilidad e interoperabilidad del sistema (Coulouris et al. 2012).

La propuesta se basa en modelar comportamientos en diferentes escenarios en un SD a través un lenguaje de descripción de eventos, es un método con mayor expresividad para obtener la información deseada, evitando métodos y modelos específicos, tales como los que se utilizan en la actualidad como: plantillas, etiquetado, Redes Neuronales (RN), Inferencia por Bayes, Modelos Ocultos de Markov, así como otros que lo realizan de manera automática, no deterministas, estocástica, probabilística o especializados para modelar y detectar actividades (Malgireddy, Nwogu, and Govindaraju 2013) (Okeyo, Chen, and Wang 2014).

Cada uno de ellos tienen diferentes enfoques y objetivos, la mayoría de estos métodos parten de la idea de suponer comportamientos a partir de un análisis previo (Sarray et al. 2017)

Por otro lado, algunos lenguajes distribuidos más utilizados son; Erlang, Scala, Eden, Ada, Scala, Akka Haskell y Clojure (Afrah et al. 2008) (Ghosh et al. 2012), donde la mayoría están enfocados a reparar o configurar elementos de la red o de la comunicación entre los componentes y algunos otros frameworks o bibliotecas orientados a configurar el SD, tal como lo es RMI (Remote Method Invocation) y Common Object Request Broker Architecture (CORBA), estos

lenguajes son adecuados principalmente trabajar la comunicación en los SD, sin embargo, la propuesta de un SD basado en un lenguaje de descripción de eventos está orientado para entablar la comunicación con los componentes, modelar e inferir actividades en diferentes escenarios.

Metodología

Gramática

El lenguaje natural o los modelos lógicos ayudan a reducir la complejidad de la estructura y descripción de actividades y escenarios, creando reglas y oraciones simples y expresivas para sistemas complejos. El lenguaje utilizado en el sistema de vigilancia distribuido está basado en (Ramírez, García, and Jiménez 2018), el cual está diseñado para describir las eventos.

El lenguaje se vuelve pieza clave en el SD, ya que través de reglas gramaticales escriben instrucciones basado en una estructura jerárquica sintáctica y reglas gramaticales (Summers-Stay et al. 2012)

En términos prácticos, un lenguaje verifica un conjunto de caracteres o palabras de entrada mediante un proceso de aceptación. Este proceso analiza las transiciones internas de estado o reglas que coinciden con las reglas gramaticales que representan el lenguaje.

El lenguaje basado descripción de eventos hace referencia a cada componente disponible en el SD, como en la Fig.1 donde se aprecian diferentes escenarios con varias perspectivas obtenidos de PETS 2006 Benchmark Data, una base de datos pública de diferentes escenarios (Bischof et al. 2006). Los escenarios se definen por medio de variables, a la vez cada escenario tiene sus variables internas es decir áreas bien definidas dentro de la imagen de cada componente de acuerdo a las necesidades de las actividades que se desean modelar. Por ejemplo, en la Fig.1 se tienen tres escenarios a), b) y c) donde cada uno tienes su propia segmentación de las áreas de interés.

En (Ramírez et al. 2018) se muestran las reglas y definiciones del lenguaje de descripción de eventos, estas reglas son la que nos ayudaran a describir el programa.

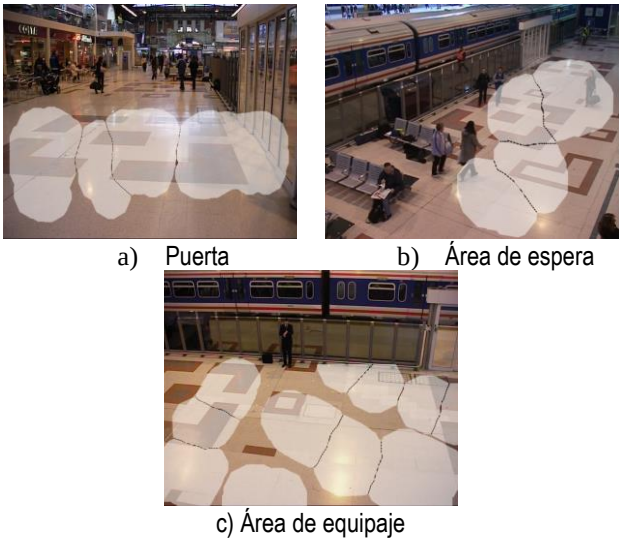


Fig.1. Áreas definidas de la imagen en diferentes escenarios.

En la Fig. 2 se puede ver la estructura de un programa, compuesto por tres partes principales: *Header;* el nombre del programa, *States;* la segmentación de cada uno de los componentes o cada escenario elegidos como variables y la última, *Body;* la definición o modelado de actividades. La definición de las actividades consta de áreas segmentadas para poder definir tres tipos de actividades tales como trayectoria, simultaneidad o sincronización.

Arquitectura

La propuesta se basa en un sistema de vigilancia distribuido, donde la función principal es cubrir la heterogeneidad, esto para demostrar transparencia al usuario, además de ofrecer una variedad de servicios, incluyendo análisis de información y comunicación entre los componentes, a través de un lenguaje para la configuración del SD y para el modelado de actividades en diferentes escenarios.

La arquitectura de cualquier sistema es esencial para definir los componentes, las partes interesadas así como la comunicación (Klein and van Vliet 2013). La

arquitectura es la estructura del sistema, para describir los componentes y la comunicación, particularmente las actividades, funciones y responsabilidades de cada uno de los elementos y la operación del sistema (Cervantes, castro, and Velasco-Elizondo 2016).



Fig.2 Estructura de un programa en el lenguaje basado en eventos.

Los modelos de arquitectura son el principal desafío en la computación distribuida para garantizar la conexión entre los componentes a través de una red. Algunos de los modelos arquitectónicos más relevantes que se utilizan en computación distribuida son; capas, cliente-servidor y red de pares (Coulouris et al. 2012) .

La arquitectura propuesta para este trabajo es una arquitectura en capas que aborda los requisitos necesarios de abstracción, rendimiento y estandarización del sistema, además de ser escalable y portátil.

La arquitectura se define como un conjunto de estructuras necesarias para identificar el sistema que incluye todos los elementos, relaciones, comunicación y propiedades, razón por la cual todos deben ser definidos en la arquitectura del sistema(Klein and van Vliet 2013).

La arquitectura propuesta consta de tres capas principales: capa de aplicación (cliente), capa de control (intérprete) y capa de propiedades (componentes), en la Fig. 3, se aprecia la distribución de las capas, la estructura lógica, funcionalidad y comunicación entre ellas.

Las capas permiten aislar de forma lógica distintas responsabilidades del sistema entre ellos los aspectos relacionados con la interacción entre las capas y comunicación de cada componente (capa de propiedades), el manejo de la lógica de negocio (capa de control) y la persistencia de los datos (capa de aplicación). Esto permitirá hacer cambios, asignar o eliminar componentes de manera sencilla sin afectar el sistema (Cervantes et al. 2016).

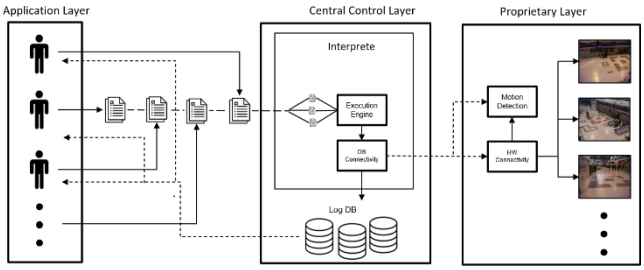


Fig.3. Estructura de la arquitectura del SD.

La mayor responsabilidad del SD recae en la capa de control ya que es la responsable de los procesos de análisis, interpretación y traducción de la información del lenguaje basado en eventos, además de manejar la comunicación de todos los componentes, validar y administrar la información, siendo transparente y amigable para el usuario (Tappenden et al. 2006).

La capa de control está compuesta por una base de datos donde los clientes accedan a los atributos de cada componente de donde se analizan las actividades, un “directorio de direcciones” también llamadas servicios de nombre, donde se recupera la información necesaria ya sea direccion, ubicación y características de cada componentes de la capa de propiedades , esta información es el control de acceso para la capa de control (Coulouris et al. 2012).

La capa de propiedades se encarga aquellos componentes o al origen de los datos, para poder recuperar o acceder a la información necesaria para realizar las operaciones (Tappenden et al. 2006).

Cada componente utilizado en el SD propuesto ubicado en la capa de datos puede estar desarrollado en diferentes lenguajes, plataformas, o ser diferentes tipos de sensores, teniendo diferentes tipos de escenarios como se observa en la Fig. 1. Cada escenario puede ser completamente diferentes

manteniendo la comunicación en el SD a través de las solicitudes de los servicios en la capa de control.

Por último, la capa de aplicación es aquella donde se hacen solicitudes por parte del cliente a través de un programa en el lenguaje basado en eventos (Ramírez et al. 2018).

La capa de aplicación se comunica con la capa de control, la cual tendrá toda la información sobre los componentes disponibles en la capa de propiedades (previamente registrados en el directorio de direcciones), teniendo así la información relevante de cada uno para poder entablar la comunicación, cierta información de cada componente disponible es mostrada al cliente, para determinar cuáles son los componentes (escenarios) y segmentarlos en áreas de interés.

En el programa de acuerdo a las reglas definidas en el lenguaje de descripción de eventos (Ramírez et al. 2018), se hace referencia a los componentes por medio de variables definidas, segmentando cada escenario en áreas para poder describir las actividades, es decir, como se presenta el movimiento en las diferentes áreas a través tiempo, para así inferir una actividad o comportamiento.

El programa es enviado a la capa de control, en donde se tiene un intérprete, el cual a partir de una entrada (programa) en el lenguaje genera una salida ejecutable, es decir, que realiza una traducción de un código de alto nivel a código máquina o un lenguaje objeto. El intérprete analiza que el programa cumpla con las reglas gramaticales, en el caso contrario se le notificara al usuario. Cuando el programa sea correcto se traducirá para buscar la información necesaria de cada componente involucrado en el directorio de direcciones, donde obtiene la información necesaria para entablar comunicación (Aggarwal and Ryoo 2011).

Cuando la capa de control realiza la comunicación con cada componente involucrado recibe la información sobre la segmentación del espacio de cada escenario, para poder conocer en qué áreas designadas se detecta movimiento de acuerdo a las características de cada uno, ya sea el tipo de sensor o/y el al método de detección de movimiento que tenga cada componente.

Cada componente procesa la información recibida para generar una respuesta sobre las áreas y el momento, que se detectó de acuerdo con los métodos de detección de movimiento elegidos en cada componente.

Cuando la información sobre las áreas y el momento que se detectó movimiento llega a la capa de control de uno o más componentes se analiza y si cumple las actividades que se describieron por el usuario en el programa se envía una alerta a la capa de donde se informa al usuario correspondiente que se realizó dicha actividad.

Resultados

La fase experimental se trabajó con tres escenarios descritos en la Fig. 1 obtenidos de PETS 2006 Benchmark Data (Bischof et al. 2006) correspondiente a tres componentes que están físicamente separados, analizando tres diferentes videos de cada escenario y donde se analizaron principalmente la sincronización entre los componentes a través de actividades entre los escenarios.

La experimentación se da bajo los escenarios descritos en la Fig.1 en una estación de tren, a) una puerta de entrada/salida, b) área de equipaje y c) área de espera, cada escenario cuenta con diferentes perspectivas, con cambios de luminosidad, así mismo cambian las áreas de interés de acuerdo a las actividades que se buscan modelar.

En este caso se busca tener tres actividades diferentes entre los escenarios a través del tiempo de acuerdo a los escenarios descritos anteriormente en la Fig. 4 se muestra una trayectoria que una actividad inicia en el escenario b) y termina en c), en la Fig. 5 buscar algún movimiento continuo en cualquier escenario y asea a),

b) o c), y en la Fig. 6 la sincronización de áreas específicas en los escenarios a) y b).

En la Fig. 7 se muestran el programa realizado para la parte experimental, el cual será enviado por parte del cliente a la capa de control para ser analizado y entablar la comunicación con cada escenario de acuerdo a las actividades descritas anteriormente.

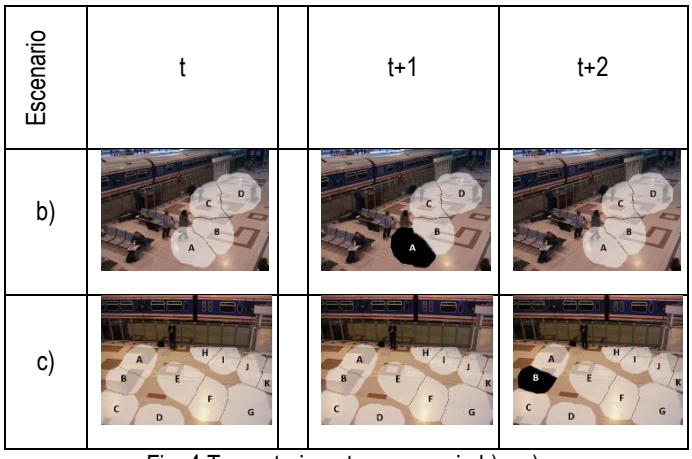


Fig. 4 Trayectoria entre escenario b) y c).

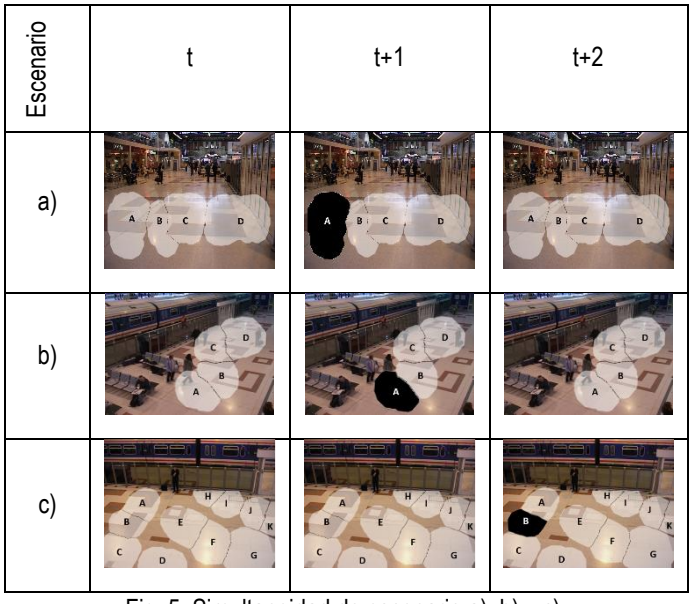


Fig. 5. Simultaneidad de escenario a), b) y c).

En la Tabla 1 se muestran las actividades detectadas por el sistema de acuerdo a los escenarios descritos anteriormente corrido con tres diferentes videos para ver la diferencia que existe entre un análisis de diferentes Expertos (Exp), el cual realiza su análisis basado en la reflexión y seguimiento de las actividades y el sistema de vigilancia distribuido basado en un lenguaje (SD).

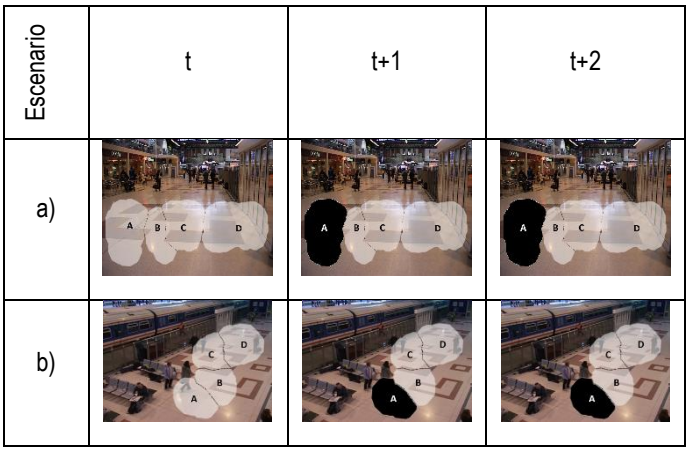


Fig.6. Sincronización de escenario a) y b).

```
module train_station;


state door.A=[(2,9),(2,11),(2,12),(2,13),(2,14),(3,13),(3,12),(3,11),
              (3,10),(3,9)];
state waitingroom.A=[(5,10),(6,10),(5,11),(6,11),(5,12),(5,13),(6,13),
                     (6,14),(5,15),(5,14)];

state left_luggage.B=[(2,10),(2,11),(2,12),(3,12),(3,11),(3,10)];


begin;
 trajectory(waitingroom.A, left_luggage.B);          %Activity description;
 simultaneity(door.A, waitingroom.A, left_luggage.B);%Activity description;
 synchro(door.A, waitingroom.A);          %Activity description;
end;
```

Fig. 7. Programa de actividades de experimentación.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la parte experimental

	1		2		3	
Actividad	Exp	SD	Exp	SD	Exp	SD
Trayectoria	8	10	9	11	9	12
Simultaneidad	16	18	15	19	16	18
Sincronización	15	16	12	19	14	19
Total	**39**	**44**	**36**	**49**	**39**	**49**

Un total de 256 actividades fueron analizadas, donde 142 por parte del SD y 114 por parte de un experto en donde hay un error de 19% entre las actividades analizadas por el experto y el SD.

Los resultados obtenidos muestran que la propuesta de un sistema de vigilancia distribuido basado en un

lenguaje de descripción de eventos son cercanos a los obtenidos por parte de un experto, tomando en cuenta los factores que pueden llegar a afectar al sistema.

Sin embargo, para el experto se vuelve una tarea compleja debido al análisis simultaneo de varios escenarios, bajo el tiempo en el que se realizan y terminan las actividades, además del análisis de las áreas donde existe movimiento, mientras que las actividades analizadas por el SD fueron afectadas por factores externos entre ellos cambios de luminosidad, velocidad, reflexiones, elementos que obstruyen el seguimiento de las actividades, etc.

No obstante, la propuesta trae consigo diferentes beneficios principalmente debido a que es una solución para mantener, crear y configuración de SD, además de modelar e inferir actividades de mayor complejidad a través del lenguaje, sin la necesidad de un experto.

Conclusiones

El uso de un sistema de vigilancia distribuido basado en un lenguaje de descripción de eventos es de gran ayuda principalmente para usuarios finales sin conocimiento sobre métodos de detección de actividades o por parte de expertos o de manera supervisada, facilitando las tareas al poder modelar e inferir actividades o comportamientos sencillos o complejos en uno o más escenarios y la comunicación entre los escenarios según las necesidades o la información que se necesita.

Por tanto, el uso del sistema distribuido, donde existe una arquitectura de capas, es apropiado ya que cada capa presenta una tarea definida y donde se comunica a través del lenguaje basado en eventos y permite que toda información para el usuario sea transparente proporcionando mayor rendimiento, modularidad, tolerancia a fallas y escalabilidad.

La estructura y modularidad son las principales características y beneficios de la arquitectura en el sistema de vigilancia distribuido. La implementación de la propuesta provee un mayor acceso, ya que un SD puede tener un mayor alcance tanto para el número de usuarios como los componentes donde se analizan las actividades.

Además, al utilizar el lenguaje para comunicar y modelar actividades a través de un sistema distribuido, podemos reducir la complejidad de desarrollar métodos estocásticos, probabilísticos o especializados para modelar y detectar actividades.

La definición del SD es consistente con las características para un sistema de vigilancia para mantener la comunicación entre capas y se puedan generar actividades más complejas e incluso interacciones que se puedan modelar como un futuro trabajo y el poder validar los resultados obtenidos con diferentes bases de datos.

Además de poder añadir o colaborar con diversos recursos de detección de movimiento, así como fomentar el uso del lenguaje propuesto por el sistema distribuido para definirlo como lenguaje estándar y obteniendo la homogeneización de los elementos.

Referencias

Afrah, Amir, Gregor Miller, Donovan Parks, Matthias Finke, and Sidney Fels. 2008. “Hive: A Distributed System for Vision Processing.” *2008 2nd ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras, ICDSC 2008*.

Aggarwal, J. K., and M. S. Ryoo. 2011. “Human Activity Analysis: A Review.” *ACM Comput. Surv.* 43(3).

Anika, A., K. L. D. Karim, R. Muntaha, F. Shahrear, S. Ahmed, and T. Ahmed. 2017. “Multi Image Retrieval for Kernel-Based Automated Intruder Detection.” Pp. 1–5 in *2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*.

Bischof, Horst, Helmut Grabner, Peter M. Rot, and Michael Grabner. 2006. “Autonomous Learning of a Robust Background Model for Change Detection ∗.” *IEEE International Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance (PETS 2006)* 39–46.

Cervantes, Humberto, luis castro, and Perla Velasco-Elizondo. 2016. *Arquitectura de Software: Conceptos y Ciclo de Desarrollo*.

Coulouris, George, Jean Dollimore, Tim Kindberg, and Gordon Blair. 2012. *Distributed Systems: Concepts and Design*. 5th ed. USA: Addison-Wesley Publishing Company.

Dao Thi Hue, L., D. T. Duong, and X. HoangVan. 2017. “HEVC Based Distributed Scalable Video Coding for Surveillance Visual System.” Pp.

314–18 in *2017 4th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science*.

Ghosh, Debasish, Justin Sheehy, Kresten Krab Thorup, and Steve Vinoski. 2012. “Programming Language Impact on the Development of Distributed Systems.” *Journal of Internet Services and Applications* 3(1):23–30.

Klein, John, and Hans van Vliet. 2013. “A Systematic Review of System-of-Systems Architecture Research.” Pp. 13–22 in *Proceedings of the 9th International ACM Sigsoft Conference on Quality of Software Architectures*, *QoSA ’13*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.

Kwapisz, Jennifer R., Gary M. Weiss, and Samuel A. Moore. 2011. “Activity Recognition Using Cell Phone Accelerometers.” *ACM SIGKDD Explorations Newsletter* 12(2):74.

Lei, Qing, Jixiang Du, Hongbo Zhang, Shuang Ye, and Duan-Sheng Chen. 2019. “A Survey of Vision-Based Human Action Evaluation Methods.” *Sensors (Basel, Switzerland)* 19.

Malgireddy, Manavender R., Ifeoma Nwogu, and Venu Govindaraju. 2013. “Language-Motivated Approaches to Action Recognition.” *Journal of Machine Learning Research* 14:2189−2212.

Okeyo, George, Liming Chen, and Hui Wang. 2014. “Combining Ontological and Temporal Formalisms for Composite Activity Modelling and Recognition in Smart Homes.” *Future Generation Computer Systems* 39:29–43.

Perera, Charith, Yongrui Qin, Julio C. Estrella, Stephan Reiff-Marganiec, and Athanasios V. Vasilakos. 2017. “Fog Computing for Sustainable Smart Cities: A Survey.” *ACM Computing Surveys* 50(3).

Ramírez, S., J. M. García, and H. Jiménez. 2018. “Formal Programming Language for Modeling Activities Using Visual Primitives.” Pp. 1–6 in *2018 XIV International Engineering Congress (CONIIN)*.

Sarray, I., A. Ressouche, S. Moisan, J. Rigault, and D. Gaffe. 2017. “An Activity Description Language for Activity Recognition.” *2017 International Conference on Internet of Things, Embedded Systems and Communications (IINTEC)* 177–82.

Summers-Stay, Douglas, Ching L. Teo, Yezhou Yang, Cornelia Fermuller, and Yiannis Aloimonos. 2012. “Using a Minimal Action Grammar for Activity Understanding in the Real World.” *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems* 4104–11.

Tappenden, A. F., T. Huynh, J. Miller, A. Geras, and M. Smith. 2006. “Agile Development of Secure Web-Based Applications.” *International Journal of Information Technology and Web Engineering (IJITWE)* 1(2):1–24.

Wei Qi, Fei Qiao Huazhong Yang. 2012. *Distributed Smart Camera Network*. Vol. 5. Recent Patents on Electrical Engineering.

Aplicación de la espectroscopia de infrarrojo en la caracterización de plásticos biodegradables en bolsas y popotes de un solo uso

Reséndiz Badillo Ramiro, López Miranda Armando*, Maldonado Yadira Guadalupe*, Rodríguez Morales Esperanza y Toscano Giles José Arturo.

División de Estudios de Posgrado e Investigación Av. Tecnológico S/n Esq. Gral. Mariano Escobedo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Querétaro, Querétaro, México.

* Centro Nacional de Metrología CENAM, km 4.5 carretera a los Cues, 76246 Municipio del Marques, Qro., México.

ymaldona@cenam.mx

Resumen

Uno de los principales problemas ambientales en México y en el Mundo es la polución ocasionada por grandes cantidades de plástico no biodegradable desechado. Durante los últimos años debido la tendencia de preservación del medio ambiente se ha puesto énfasis en el estudio y control de plásticos denominados de un solo uso. Este trabajo presenta el estudio de bolsas y popotes comercializados como biodegradables mediante el uso de la técnica de espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR). Para el estudio se utilizaron 3 distintas muestras de bolsas y 3 diferentes especímenes de popotes que se comercializan indicando que son sintetizados con polímeros biodegradables, tales como: ácido poliláctico (PLA), Poli (Butilén Adipato-co-Tereftalato) (PBAT) y mezcla de almidón-polietileno. Con los datos obtenidos de los espectros FTIR, se diseñaron tablas de correlación en donde se consiguió identificar las muestras que fueron sintetizadas con polímeros biodegradables. Los resultados que se reportan indican que algunas muestras tanto de bolsas como de popotes no contienen los polímeros biodegradables anteriormente mencionados.

Palabras claves: Biodegradabilidad, Polímeros biodegradables, FTIR y Caracterización

Abstract

One of the main environmental problems in Mexico and in the world is pollution due to large amounts of non-biodegradable plastic discarded. In recent years, due to the trend of preserving the environment, emphasis has been placed on the study and control of so-called single-use plastics. This work presents the study of bags and straws marketed as biodegradable through the use of the Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) technique. For the study, 3 different samples of bags and 3 different specimens of straws were used that are commercialized indicating that they are synthesized with biodegradable polymers, such as: polyacid lactic (PLA), Poly (Butylene Adipate-co-Terephthalate) (PBAT) and mixture starch-polyethylene. With the data obtained from the FTIR spectra, correlation tables were designed where it was possible to infer which samples were that were synthesized with biodegradable polymers and which were not. The reported results indicate that some samples from both bags and straws do not contain the biodegradable polymers mentioned above.

Keywords: *Biodegradability, Biodegradable polymers, FTIR and Characterization.*

Introducción

Es evidente que uno de los grandes problemas medioambientales cruciales es atribuido a altos niveles de plástico catalogado como de un solo uso (Ivar do Sul & Costa, 2014, p. 360). Se denomina plástico de un solo uso a aquel que solo se utiliza una vez y que es difícil y/ o poco viable reutilizar o reciclar, tal es el caso de las bolsas y los popotes que se utilizan para transportar mercancías y para beber líquidos respectivamente, dos actividades comunes en la sociedad (Wagner, 2017, p. 7). Las bolsas y los popotes están sintetizadas comúnmente con polímeros tales como polietileno (PE) y polipropileno (PP), que son polímeros sintéticos resistentes, ligeros y flexible que se obtienen polimerizando la molécula de etileno (Ghatge, Yang, Ahn, & Hur, 2020), y que no son degradables en condiciones ambientales.

A consecuencia de una mínima degradación del polipropileno (PP) y el polietileno (PE), surge un grave problema el cual es atribuido a la fragmentación y cambio del tamaño de los mismos. Los microplásticos y nanoplásticos son el resultado de lo mencionado anteriormente, y gracias a sus efectos biológicos potencialmente dañinos en el medio ambiente, fueron objeto de un creciente número de publicaciones en los últimos años (Gigault et al., 2018, p. 1033). México ocupa el puesto 12° en el ranking mundial basado en el consumo de plásticos y el 47% de sus industrias plásticas se dedica a la producción de plásticos de un solo uso (Shruti et al., 2020). Actualmente en México, a nivel gubernamental existe una serie de esfuerzos enfocados en prohibir el consumo de productos plásticos de un solo uso (bolsas de acarreo, popotes, contenedores, etc.) y sustituirlos por el uso de plásticos biodegradables.

Los polímeros biodegradables ofrecen una gran variedad de ventajas para la conservación del medio ambiente, como es el caso del Ácido poliláctico (PLA), el cual es poliéster alifático termoplástico que generalmente se deriva de productos agrícolas. Tiene varias propiedades atractivas como su biocompatibilidad, alta resistencia, rigidez y termoplasticidad (Elsawy, Kim, Park, & Deep, 2017, p. 1349). Como el PLA exhibe propiedades únicas comparables al PET o al polipropileno (PP) (poliolefina), se ha utilizado preferiblemente en una amplia gama de aplicaciones (Elsawy, Kim, Park, & Deep, 2017, p. 1349).

Similar al PLA, existe otro polímero prometedor y popular con perspectivas de desarrollo potencial en una amplia gama de aplicaciones, su nombre es el poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT), este polímero biodegradable posee propiedades mecánicas más flexibles y similares a las del polietileno (PE) de baja densidad (Jian, Xiangbin, & Xianbo, 2020).

Los polímeros biodegradables anteriormente expuestos se pueden identificar mediante el uso de técnicas de caracterización espectroscópicas de radiación infrarroja, como: espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) (Ruggero, Carretti, et al., 2020). Esta técnica es no-destructiva para el material a estudiar, y genera espectros que muestran los distintos grupos funcionales químicos presentes en el material que, por ende, dan información valiosa de la naturaleza del material, además de ser muy versátil, fácil de manipular y económica. El objetivo principal de esta investigación se basó en la caracterización química mediante el uso de espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) de muestras de bolsas y popotes (catalogados como biodegradables) y evaluar su correlación con respecto a muestras de grado reactivo con un alto grado de pureza (99.99%) consideradas como referencia, de los polímeros PLA, PBAT y Almidón (catalogados como biodegradables) así como el polietileno (polímero no biodegradable), con la finalidad de identificar los principales polímeros que conforman las muestras de bolsas y popotes y determinar su potencial biodegradabilidad.

Metodología

Materiales

Se estudiaron bolsas y popotes de un solo uso catalogados como biodegradables, las cuales fueron proporcionadas al alzar y por empresas interesadas

en la incursión a la síntesis y comercialización de polímeros biodegradables. Para las muestras de bolsas se utilizaron 3 tipos:

- Muestra M1: Catalogada como bolsa de PBAT.
- Muestra M2: Catalogada como bolsa de PLA.
- Muestra M3: Catalogada como bolsa de mezcla de almidón-polietileno.

Para las muestras de popotes se utilizaron 3 tipos:

- Muestra P1: Popote hecho con semillas de aguacate
- Muestra P2: Popote reciclable-biodegradable
- Muestra P3: Popote compostable

Método

Los análisis de biodegradabilidad de las muestras de bolsas y popotes se efectuaron mediante el uso de la técnica de espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) con el equipo Espectrómetro FT-IR Thermo Scientific Nicolet IS50, con un en el rango de trabajo de número de onda de 4000 cm-1 a 500 cm^{-1} en condiciones normales a temperatura ambiental. Por cada espectro se ejecutaron 64 barridos con una resolución de 5 cm^{-1} y las mediciones se efectuaron en modo transmitancia. (figura 4).

Acondicionamiento de muestras

Se dispusieron para las mediciones 3 áreas relevantes para cada muestra con dimensiones aproximadamente de 2 cm de ancho y 2 cm de largo. Sección A (parte exterior de la bolsa o del popote), sección B (parte interior de la bolsa o popote) y sección C (estudio de la superficie exterior con alguna pigmentación adicional debido a que se ha reportado que algunos pigmentos en plásticos biodegradables no corresponden a materiales degradable) (figura 1). Dichas muestras se colocaron en un portaobjetos y se fijaron con precaución con cinta adhesiva (figuras 2 y 3).

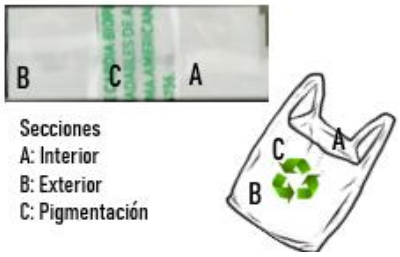


Figura. 1. Áreas relevantes para el estudio en bolsas.

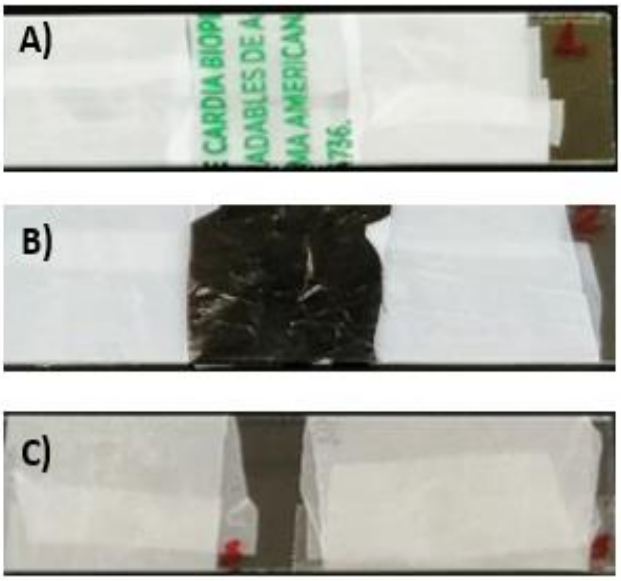


Figura. 2. Acondicionamiento de todas las muestras de bolsas utilizadas en el estudio: a) Muestra M1: Catalogada como bolsa de PBAT, b) Muestra M2: Catalogada como bolsa de PLA y c) Muestra M3: Catalogada como bolsa de mezcla de almidón-polietileno.



Figura. 3. Muestras experimentales de popotes: a) Muestra P1: Popote hecho con semillas de aguacate, b) Muestra P2: Popote reciclable-biodegradable y c) Muestra P3: Popote compostable.

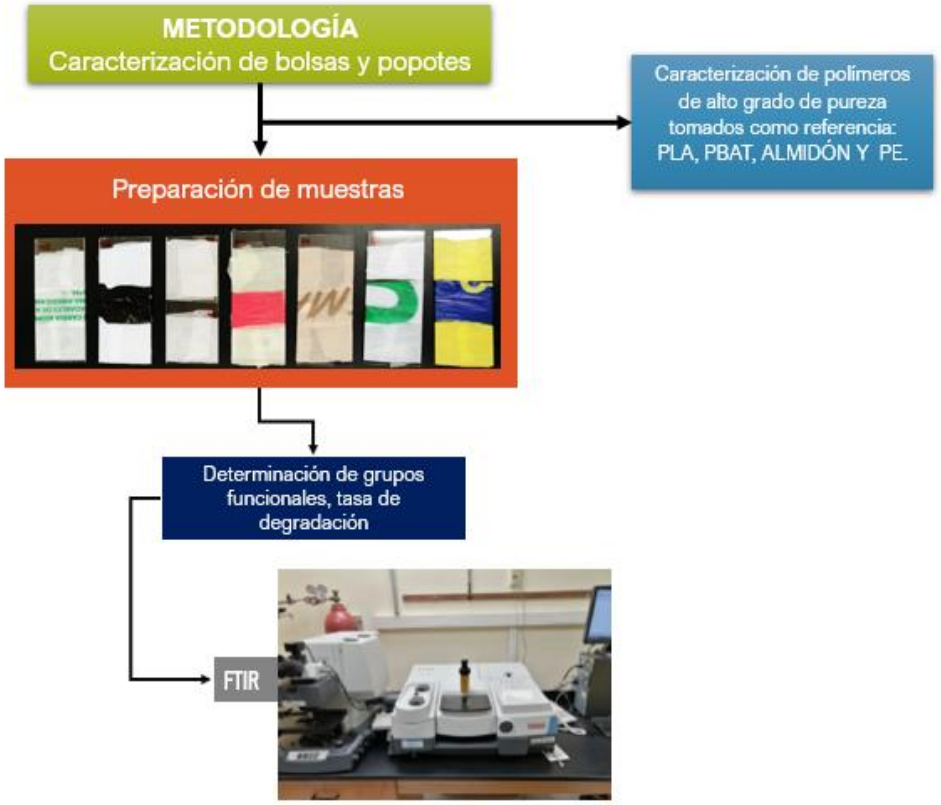


Figura. 4. Metodología del proceso de caracterización de las muestras de bolsas y popotes en espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR).

Metodología

En la figura 4, se observa la metodología que se siguió durante la caracterización de las distintas muestras de bolsas y popotes en espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR). Como primera etapa, se caracterizaron como referencia polímeros catalogados como biodegradables con un alto grado de pureza (99.99%), en este caso: ácido poliláctico (PLA), poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT), almidón y polietileno (PE). Posteriormente, se condicionaron las muestras de bolsas y popotes y se sometieron a caracterización en FTIR.

Resultados y discusión

Espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) en muestras de bolsas

En la figura 5a-b se muestran los espectros obtenidos por FTIR de las muestras de las bolsas M1, M2 y M3, en comparación con los espectros de las muestras de polímeros de alto grado de pureza (tomados como de referencia), tales como: ácido poliláctico (PLA), poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT), almidón y polietileno (PE). La asignación de grupo funciona se realizó considerando los picos más relevantes se asignar a que grupo funcional corresponde para cada muestra en cuestión. Primeramente, para el caso de los polímeros de alto grado de pureza (tomados como de referencia) lo resultados fueron los siguientes: en el ácido poliláctico (PLA) se puedo observar picos característicos en 1750 y 1180 cm^{-1}, que pertenecen al estiramiento C=O y al

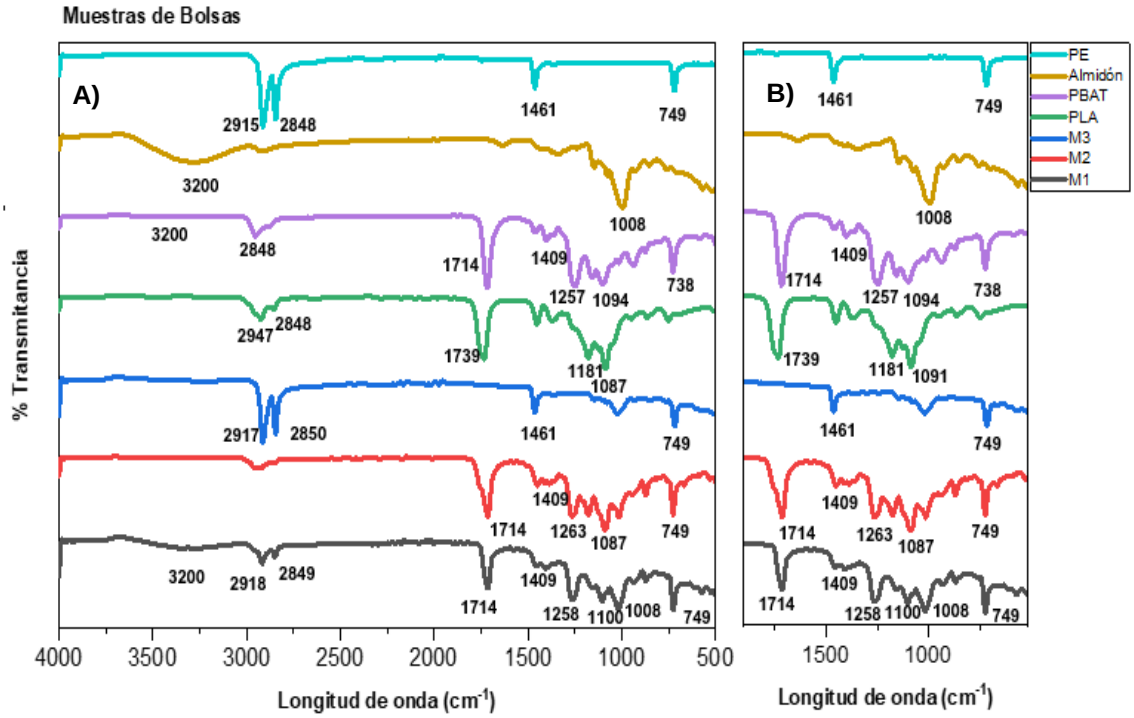


Figura. 5. A) Espectro FTIR completo de las muestras de bolsas comparadas con muestras de polímeros de alto grado de pureza tomados como de referencia. B) Zona de la huella dactilar del espectro FTIR en la zona de 1700 cm^{-1} a 500 cm^{-1}.

estiramiento C–O–C (propio del PLA). En el poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT) se exhibe un pico ancho en 3200-3600 cm^{-1}, correspondiente a la vibración de estiramiento OH, además se identificaron claramente picos amplios e intensos en 1708 cm^{-1} y 1709 cm^{-1} correspondientes a los grupos éster carbonilo C=O, por otra parte, se puede observar en el espectro un pico mediano en 1409 cm^{-1} el cual índica la presencia del radical OH, en el modo vibracional de deformación. En la región aproximadamente de 1200-1000 cm^{-1} se presentan dos picos importantes, uno en 1268 cm^{-1} el cual se atribuye a la vibración de estiramiento de C-O y en 1094 cm^{-1} un pico correspondiente a la vibración C-O-C. En el caso del polietileno (PE) se observaron claramente tres grupos de bandas correspondientes a movimientos de tensión de los enlaces CH a 2850 cm^{-1}, tensión C-C a 1500 cm^{-1} y a un movimiento de flexión de $–CH_2$ en 700 cm^{-1}. En el almidón se pudo observar un pico ancho en 3200-3600 cm^{-1}, correspondiente a la vibración de estiramiento OH y un pico en 1008 cm^{-1} atribuido a vibraciones de C-O-H (anillo de anhidroglucosa).

El espectro FTIR de la muestra M1 presenta un alto grado de correclacion con el poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT), debido a que comparten los mismos picos espectrales, por ejemplo: el pico ancho 3500–3100 cm^{-1} de la vibración del radical OH, el pico en 1714 cm-1 de la vibración del éster carbonilo C=O, el pico de 1258 cm^{-1} de la vibración de estiramiento de C-O, un pico en 1100 cm^{-1} atribuido la vibración de C-O-C.

Con respecto a la muestra M2 se observó un alto grado de correlación con el poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT), esto gracias a que se aprecia un pico intenso en 1714 cm^{-1} el cual se atribuye a la vibración de estiramiento de C=O. En el área de 1500-1400 cm^{-1} se observó vibraciones simétricas y asimétricas de deformación del CH_2 y en 1409 un pico de vibración de deformación del OH. En la región aproximadamente de 1200-1000

cm1 se presentan un pico mediano en 1087 cm^{-1} el cual se atribuye a la vibración de estiramiento de C-O-C mismo picos vistos en el espectro de poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT).

En contraste, para la muestra M3, en el espectro FTIR de la figura 5a-b no se observa correlación con el espectro de almidón, debido a que no presenta el pico ancho en 3200-3600 cm^{-1}, correspondiente a la vibración de estiramiento OH y el pico de 1008 cm-1 atribuido a vibraciones de C-O-H (anillo de anhidroglucosa). Esta muestra presenta un alto grado de correlación con el espectro de Polietileno (PE) de alta pureza.

Espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) en muestras de popotes

En la figura 6a-b se muestran los espectros FTIR de las muestras de popotes con respecto a las muestras de polímeros de alto grado de pureza.

El espectro correspondiente a la muestra P1 presenta una fuerte correlación con el espectro obtenido para el almidón debido a que ambos espectros comparten los mismos picos espectrales, por ejemplo: el pico ancho 3500–3100 cm^{-1} de la vibración del radical OH y el pico en 1015 cm^{-1} atribuido a vibraciones de C-O-H (anillo de anhidroglucosa).

Con respecto a la muestra P2 se observó que su espectro FTIR presenta cierta correlación con el polietileno (PE) de alta pureza, sin embargo, en el área de 3000-2900 cm^{-1} se observaron 2 picos extras, los cuales, de acuerdo con Larkin, 2011 se atribuye a picos característicos de un tipo de polímero no biodegradable denominado polipropileno (PP), el cual al igual que el polietileno, se utiliza en la elaboración de bolsas y popotes, pero en menor cantidad y relevancia que el polietileno (Hisham, 2016).

Finalmente, la muestra P3 tiene una fuerte correlación con el ácido poliláctico (PLA), esto a causa de que en ambos espectros se pudo visualizar picos característicos en 1737 y 1178 cm^{-1}, que pertenecen al estiramiento C=O y al estiramiento C–O–C (exclusivo del PLA) respectivamente.

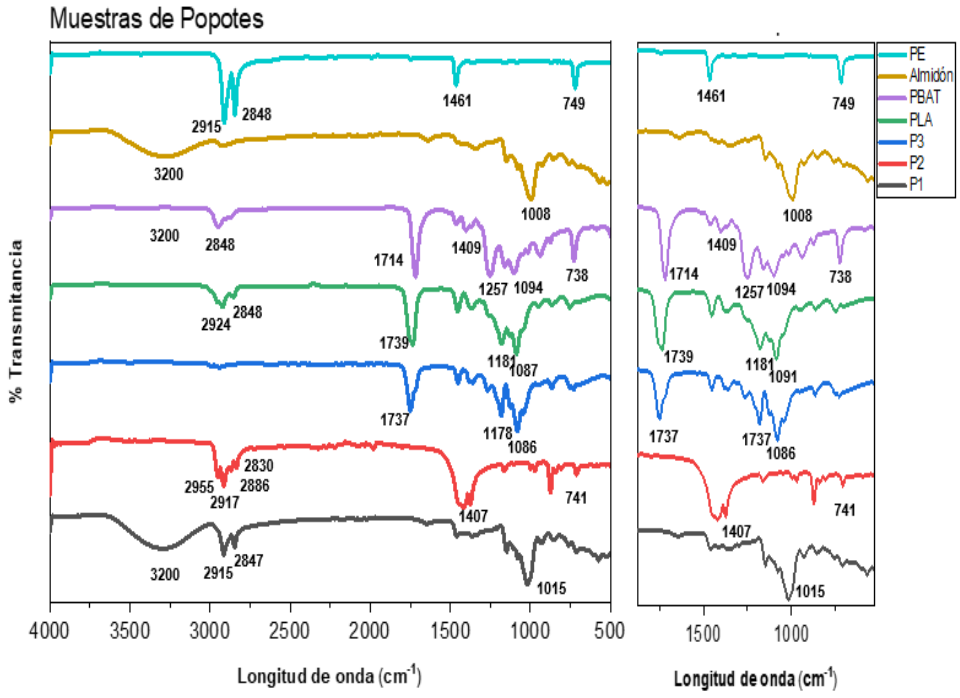


Figura. 6. A) Espectro FTIR completo de las muestras de popotes comparadas con muestras de polímeros de alto grado de pureza tomados como de referencia. B) Zona de la huella dactilar del espectro FTIR en la zona de 1700 cm^{-1} a 500 cm^{-1}.

Conclusión

La espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) es una técnica de caracterización muy rápida, accesible y económica que permite estudiar la naturaleza de los polímeros y poder determinar y crear criterios de evaluación en base a la correlación de posiciones de picos para identificar si los materiales del que están elaborados las bolsas y popotes corresponden a materiales potencialmente biodegradables y/o compostables.

Se estudiaron distintos tipos de muestras de bolsas y popotes catalogados como presuntamente biodegradables. Los datos obtenidos en los espectros FTIR revelaron que las muestras de bolsas M1 (Catalogada como bolsa de PBAT) y M2 (Catalogada como bolsa de PLA) presentaron mayor correlación con el poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT), polímero catalogado como biodegradable. La muestra M3 (Catalogada como bolsa de mezcla de almidón-polietileno) presentó mayor correlación con respecto al polietileno (PE), material no biodegradable.

Con respecto a las muestras de popotes, la muestra P1 (Popote hecho con semillas de aguacate) tuvo una similitud bastante evidente de correlación con el almidón, cumpliendo así con el propósito de ser un popote hecho con un material biodegradable. Por otro lado, la muestra P3 (Popote compostable) presentó correlación con el ácido poliláctico (PLA). En contraste, la muestra P2 (Popote reciclable-biodegradable) tuvo una pequeña correlación con el polietileno (PE), no obstante, al investigar a detalle con respecto a la literatura, se identificó que el espectro FTIR de la muestra P2 presentó bastante similitud con el polímero denominado polipropileno (PP), el cual no es biodegradable, por lo cual se concluye que esa muestra de popote, no corresponde a un material biodegradable-compostable.

Las investigaciones realizadas en espectroscopia infrarroja de transformada de fourier (FTIR) demostraron la eficacia y viabilidad de analizar bolsas y popotes de un solo uso catalogados como biodegradables.

Agradecimientos

Se agradece al equipo Materiales de Referencia, (edificio ‘’C’’), en el Centro Nacional de Metrología (CENAM), a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ) y al CONACyT por el apoyo de beca de maestría.

Referencia

Adamcová, D., Radziemska, M., Zloch, J., Dvořáčková, H., Elbl, J., Kynický, J. ř., … Vaverková, M. D. (2018). SEM Analysis and Degradation Behavior of Conventional and Bio-Based Plastics During Composting. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 66(2), 349-356. https://doi.org/10.11118/actaun201866020349.

Elsawy, M. A., Kim, K.-H., Park, J.-W., & Deep, A. (2017). Hydrolytic degradation of polylactic acid (PLA) and its composites. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *79*, 1346-1352. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.143

Ghalia, M.A., Dahman, Y. Biodegradable poly(lactic acid)-based scaffolds: synthesis and biomedical applications. J Polym Res 24, 74 (2017). https://doi.org/10.1007/s10965-017-1227-2

Ghatge, S., Yang, Y., Ahn, JH. *et al*. Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Appl Biol Chem* **63,** 27 (2020). https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3

Gigault, J., Halle, A., Baudrimont, M., Pascal, P.-Y., Gauffre, F., Phi, T.-L., … Reynaud, S. (2018). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*, *235*, 1030-1034. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024

Hamad, K., Kaseem, M., Ko, Y. G., & Deri, F. (2014). Biodegradable polymer blends and composites: An overview. Polymer Science Series A, 56(6), 812–829. https://doi.org/10.1134/s0965545x14060054

Hisham, A. M. (2016). Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *Polypropylene as a Promising Plastic: A Review*, *6*(1), 1-11. https://doi.org/10.5923/j.ajps.20160601.01

Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, *185*, 352-364. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036

Jian, J., Xiangbin, Z., & Xianbo, H. (2020). An overview on synthesis, properties and applications of poly(butylene-adipate-co-terephthalate)–PBAT. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, *3*(1), 19-26. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2020.01.001

Larkin, P. J. (2011). Infrared and Raman Spectroscopy. Maarssen, Países Bajos: Elsevier Gezondheidszorg.

Ruggero, F., Carretti, E., Gori, R., Lotti, T., & Lubello, C. (2020). Monitoring of degradation of starch-based biopolymer film under different composting conditions, using TGA, FTIR and SEM analysis. *Chemosphere*, *246*, 125770. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125770

Shruti, V. C., Pérez-Guevara, F., Roy, P. D., Elizalde-Martínez, I., & Kutralam-Muniasamy, G. (2020). Identification and characterization of single use oxo/biodegradable plastics from Mexico City, Mexico: Is the advertised labeling useful? *Science of The Total Environment*, *739*, 140358. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140358

Wagner, T. P. (2017). Reducing single-use plastic shopping bags in the USA. *Waste Management*, *70*, 3-12. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.09.003

Análisis del uso de mezclas biogas-hidrógeno en un motor de compresión de carga homogénea (HCCI) utilizando un modelo de una sola zona

Juan M. García-Guendulain[1], Marco Antonio Rodríguez-Baeza[1], Omar Rodriguez-Abreo[1], Rodrigo Hernández-Alvarado[1]

[1]Universidad Politécnica de Querétaro, El Marques, Querétaro, México

Abstract.

Low emission, efficient engines are necessary to decrease environmental issues and the dependence of fossil fuels when they use non-conventional fuels. In this study an analysis of Homogenous Charge Compression Ignition (HCCI) engine fueled with biogas-hydrogen mixtures has been realized. A single zone model has been developed and Cantera interface has been used to determine rate of mass fraction progress and thermodynamic properties. Three intake temperatures, equivalence ratio, and biogas-hydrogen mixtures have been studied. The results show 100% biogas does not produce good combustion, and a higher torque values are obtained when hydrogen fraction is increased. A temperature of 165°C with an 80% of biogas is recommended to obtain similar torque obtained from gas natural HCCI engine with the same equivalence ratio.

Motores eficientes y con bajas emisiones son necesarios para disminuir los problemas ambientales y la dependencia de combustibles fósiles cuando se utilicen combustibles no-convencionales. En este estudio el análisis de un motor de ignición por compresión de carga homogénea (HCCI por sus siglas en inglés) alimentado con mezclase de biogás-hidrógeno ha sido realizado. Un modelo de una sola zona ha sido desarrollado y la interfaz de Cantera ha sido utilizada para determinar el progreso de la fracción másica y propiedades termodinámicas. Tres temperaturas de admisión, relaciones de equivalencia y mezclas biogás-hidrogeno han sido analizadas. Los resultados muestran que para 100% de biogás no se produce una buena combustión de la mezcla, y alto valores de torque se pueden obtener cuando la fracción de hidrógeno es incrementada. Un valor de temperatura de admisión de 165°C con 80% de biogás es recomendado para obtener un torque similar al obtenido en el motor HCCI alimentado con gas natura con la misma relación de equivalencia.

Introducción

Actualmente los motores de combustión buscan mejorar la eficiencia contra emisiones contaminantes de los modos convencionales de combustión (ignición por chispa e ignición por compresión). Los motores de combustión de ignición por compresión de carga homogénea (HCCI) buscan lo anterior y han demostrado una alta eficiencia resultado de su alta relación de compresión, operación pobre y etapa de admisión sin estrangulamiento [1–5], y una ultra baja emisión de NOx y material particulado debido a los altos niveles de la dilución de la mezcla a baja temperatura [6]

En motores HCCI no se tiene un mecanismo para el inicio de la combustión esto lo hace diferente a los motores convencionales, debido a que en operación HCCI se requiere la adecuada temperatura y composición al cierre de la válvula

de admisión en lugar de una bujía o un inyector. La falta de control del inicio de la combustión puede resultar en una liberación de energía demasiado rápida lo cual conduce a un daño severo en el motor. Por lo tanto, un análisis detallado de la combustión es necesario para guiar a los diseñadores hacia una solución práctica.

Los modelos de una sola zona pueden predecir el tiempo de ignición con un muy bajo consumo de recurso computacional, así como la predicción de emisiones de NOx si un adecuado uso de modelos de cinética química es utilizado. Otros modelos más sofisticados pueden ser utilizados, sin embargo, el alto consumo computacional y el tiempo de cómputo son un factor a vencer en estos [7,8][9].

En este trabajo se pretende utilizar un modelo de una sola zona para obtener analizar mezclas de biogás-hidrógeno, así como la influencia de parámetros como temperatura y relación de equivalencia en el desempeño del motor.

Metodología

Se han utilizado ecuaciones de cinética química para la conservación de especies así como transferencia de calor por convección en la conservación de la energía, como se muestra a continuación.

Conservación de la energía. De acuerdo con la Primera Ley de la Termodinámica, la ecuación de la energía para el cilindro en la figura 1 se puede expresar en la siguiente forma.

$$\frac{dq}{dt} - P\frac{dV}{dt} = \frac{d\left(mC_vT\right)}{dt} + m\sum_{i=1}^{ns}\left(\frac{\bar{u}_i}{MW_i}\frac{dy_i}{dt}\right) \qquad (1)$$

El primer término del lado izquierdo de la ecuación mostrada arriba involucra la rapidez de transferencia de calor desde el fluido hacia las paredes del cilindro, el segundo término toma en cuenta la transferencia de trabajo debido al cambio de volumen, donde P, ρ y T son la presión, densidad y temperatura de la mezcla aire combustible, respectivamente. Los términos del lado derecho sin el cambio de la energía interna del fluido, donde *Cv* es el calor específico a volumen constante y el segundo término es la producción de energía debido a las reacciones químicas, donde *MW* es el peso molecular, $\bar{u}$ es la energía interna molar y *y* es la fracción másica de la *i-ésima* especie.

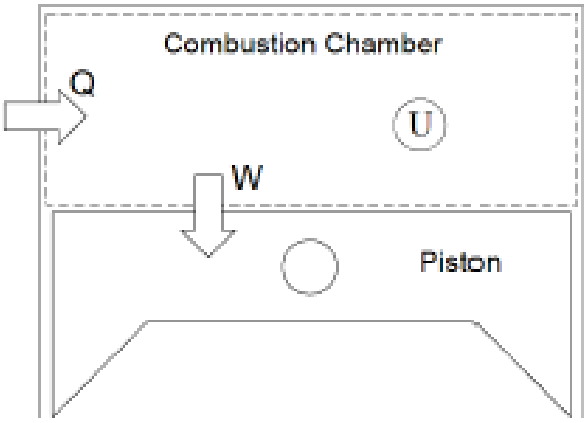


Figure 1. Análisis termodinámico de la cámara de combustión

La rapidez de transferencia de calor puede calcularse a través de la ecuación (2).

$$\frac{dq}{dt} = \alpha A\left(T - T_w\right) \qquad (2)$$

aquí, T_w es la temperatura de la pared, *A* es el área de transferencia de calor y α es el coeficiente de transferencia de calor, obtenido a través de la ecuación de Woschni [10] en [W/m^{2}K].

$$\alpha = 3.26\left[2.28C_m + 0.00324\frac{V_dT_r}{P_rV_r}\left(P - P_m\right)\right]^{0.8}\left[\frac{P}{1000}\right]^{0.8} D^{-0.2}T^{-0.55} \qquad (3)$$

donde T_r, P_r, V_r, son la temperatura, presión y volumen de la mezcla a un estado de referencia. *Pm* es la presión del cilindro en la condición de *motoring* (sin combustión) y V_d es el volumen

desplazado, C_m es la velocidad media del pistón y D es el diámetro del cilindro

Conservación de especies. La ecuación para la conservación de especies puede ser expresada como:

$$\frac{d\left(m_i\right)}{dt} = S_i$$
$$S_i = V\left(MW_i \frac{dc_i}{dt}\right) \quad (4)$$

El término del lado izquierdo es el cambio de la masa de la especie *i* con respecto al tiempo y el término del lado derecho es la generación o destrucción de especies debido a reacciones químicas las cuales son calculadas de acuerdo con las ecuaciones mostradas en la referencia [11]. En esta ecuación y_i y c_i son la fracción másica y la concentración correspondiente a la *i-ésima* especie, en términos de la fracción másica, la ecuación puede expresarse como:

$$\frac{dy_i}{dt} = \left(\frac{MW_i}{\rho}\frac{dc_i}{dt}\right) \quad (5)$$

VALIDACIÓN

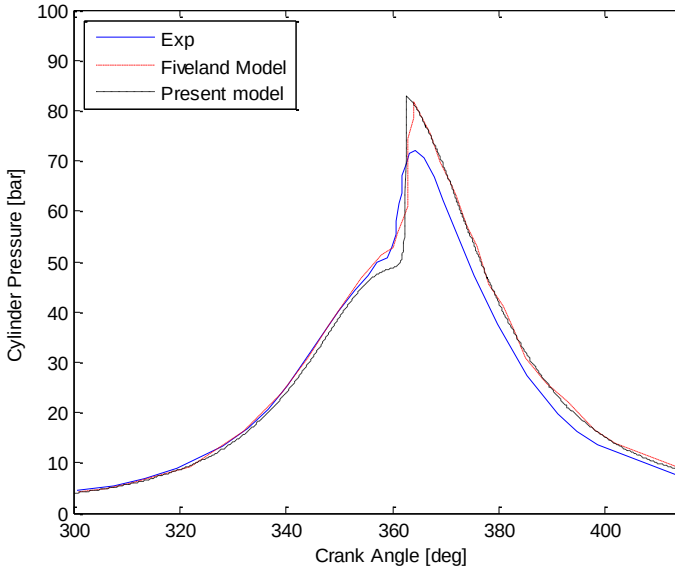
El modelo descrito en la sección anterior ha sido comparado con datos experimentales [12] y con un modelo más complejo reportado por Fiveland and Assanis [13] bajo las mismas condiciones geométricas y de operación para un motor mono-cilindrico Volvo TD 100 mostradas en las Tablas 1 y 2, respectivamente. El motor experimental fue alimentado con una composición de gas natural de 99% CH_4 and 1%C_3H_8 y con una relación de equivalencia de 0.3. El mecanismo GRI-Mech 3.0 fue utilizado, incluyendo la formación de NO, para calcular el progreso de las especies y propiedades termodinámicas utilizando Cantera [11].

Table 1. Geometría del motor [12]

Diámetro (mm)	120.65
Carrera (mm)	140
Longitud de biela (mm)	260
Relación de compresión	19.8
Apertura de la válvula de escape (EVO)	39 CAD BBDC
Cierre de la válvula de escape (EVC)	10 CAD BTDC
Apertura de la válvula de admisión (IVC)	5 CAD ATDC
Cierre de la válvula de admisión (IVC)	13 CAD ABDC

Table 2. Condiciones de operación [12]

Presión de admisión (bar)	1
Temperatura de admisión (°C)	169
Relación de equivalencia	0.3
Régimen de giro (RPM)	1000
Composición del gas natural:	
Metano (%)	99
Propano (%)	1



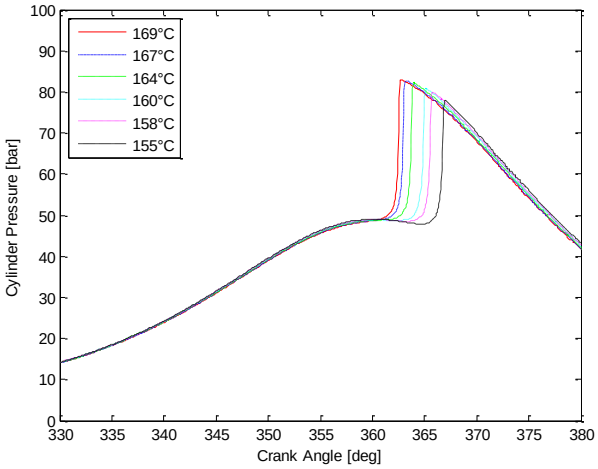
La Figura 2 muestra la comparación entre datos experimentales [12] y resultados del modelo de Fiveladn y Assanis [13] comparados con el modelo desarrollado en este trabajo, el cual muestra una buena correspondencia entre ellos. Las principales

diferencias que se observan son la forma en como el pico de presión es obtenido y esta se puede atribuir a las simplificaciones hechas en el modelo de una sola zona, el cual considera la temperatura uniforme y homogénea dentro del cilindro, además efectos como *blow by*, fracción de gases de escape atrapados no han sido considerados. Sin embargo, el modelo ofrece un muy bajo consumo de recurso computacional comparado con otros más complejos y puede proveer información cualitativo en un tiempo extremadamente corto.

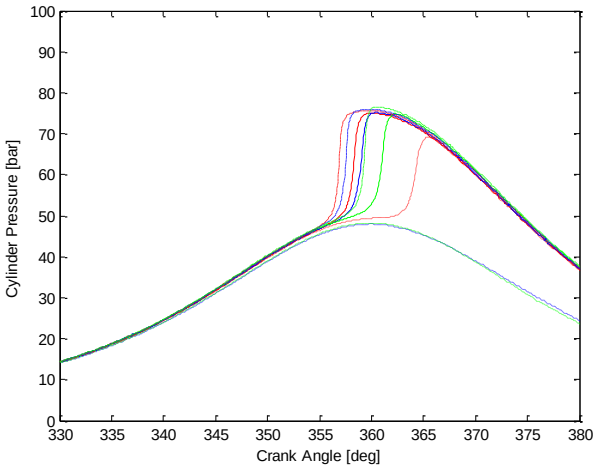
Resultados

Una comparación de un motor alimentado con una mezcla biogas-H_2 ha sido realizada. Excepto por la composición, se utilizaron las mismas condiciones de operación y geométricas mostradas en la Tabla 1 y 2 para este análisis. Tres diferentes mezclas han sido estudiadas: 100% biogás, 80% biogás con 20%H_2, 60% biogás con 40% H_2 a diferentes relaciones de equivalencia (0.2, 0.3 and 0.4) y temperaturas de admisión (169, 165, 155°C). En estos análisis la composición del biogás fue de 60%CH_4 40%CO_2.

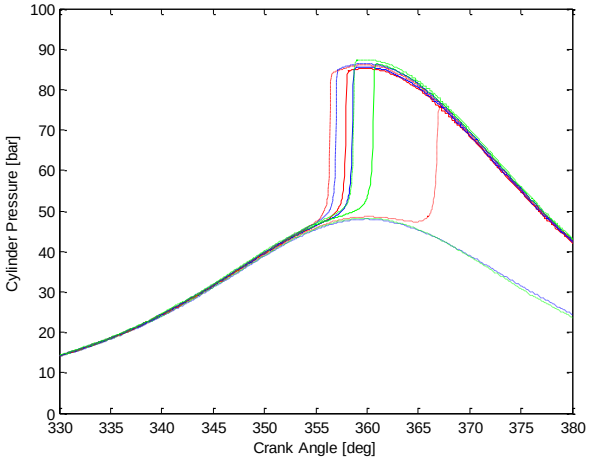
La Figura 4a muestra la presión del cilindro para el motor alimentado con gas natural a diferentes temperaturas de admisión. Una combustión rápida es obtenida para todas las temperaturas de admisión estudiadas, esto puede ser atribuido a la predicción de la duración de la combustion y al retraso en la combustión ya que bajas presiones son obtenidas con bajas temperaturas de admisión, lo cual podría ser utilizado para el control de motores HCCI.



a) Gas natural $\phi = 0.3$

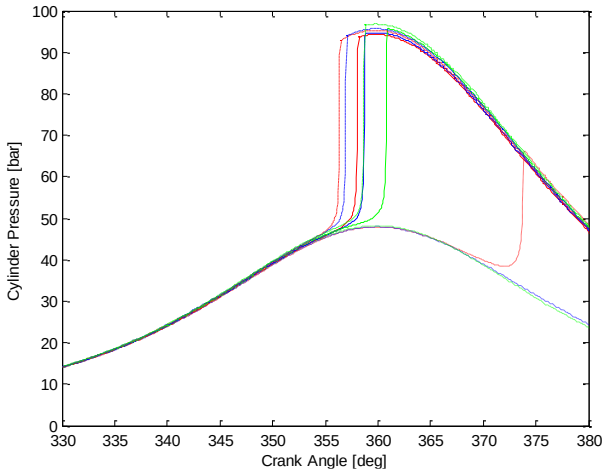


b) Mezcla Biogas-H2 $\phi = 0.2$



c) Biogas-H2 mixture $\phi = 0.3$

Figure 4. Presión dentro del cilindro para 100% gas natural y mezclas biogas-H2. En figuras b) to d): 100-0 (línea punteada), 80-20 (línea sólida), 60-40 (línea punto-barra); a tres diferentes temperaturas de admisión:169°C (línea roja), 165°C (azul) and 155°C (verde).



b) Biogas-H2 mixture $\phi = 0.4$

Figure 4. Continuación

A baja temperatura en la combustión no ocurre cuando se alimenta al motor con biogás (100%), como puede ser visto en las Figuras 4b-d. Esto es debido a la alta temperatura de autoignición, la cual es la principal razón de que el biogás no es usado en motores HCCI a temperatura relativamente bajas. Por ello el uso de H_2 mejora la autoignición de la mezcla.

Conclusiones

El estudio del efecto de mezclas biogás- H_2 han sido llevados a vano con un modelo de una sola zona usando la interface Cantera para obtener la presión dentro del cilindro, temperatura del gas y predecir la autoignición en un motor HCCI. Tres temperaturas, tres relaciones de equivalencia y tres mezclas biogás- H_2 han sido analizadas y se han obtenido las siguientes conclusiones:

- El modelo de una sola zona fue validad y se muestra buena concordancia con un modelo más complejo.
- Cuando el motor es alimentado con 100% biogás y bajas temperaturas, la mezcla no se auto enciende debido a que el biogás requiere de temperaturas más elevadas y una combustión retrasada puede ser obtenida incluso con el incremento de la temperatura de admisión.
- Una combustión temprana se tiene con relaciones de equivalencia más altas y con una alta proporción de H_2, esto propicia el incremento del torque sin embargo, hay posibilidad de la generación de altas emisiones debido a la alta temperatura dentro del cilindro.
- Un valor recomendado de 165°C en la temperatura de admisión de la mezcla y 80% biogás proporciona el mismo torque que el gas natural a la misma relación de equivalencia de 0.3.
- Este estudio propicia información cualitativa del comportamiento del motor utilizando las mezclas analizadas, y es el punto de partida para futuros análisis, sobre todo, el uso de combustibles alternativos.

Referencias

[1] Dec JE, Sjöberg M. A Parametric Study of HCCI Combustion - the Sources of Emissions at Low Loads and the Effects of GDI Fuel Injection. Warrendale, PA: SAE International; 2003. https://doi.org/10.4271/2003-01-0752.

[2] Dec JE. A Computational Study of the Effects of Low Fuel Loading and EGR on Heat Release Rates and Combustion Limits in HCCI Engines. Warrendale, PA: SAE International; 2002. https://doi.org/10.4271/2002-01-1309.

[3] Sjöberg M, Dec JE, Cernansky NP. Potential of Thermal Stratification and Combustion Retard for Reducing Pressure-Rise Rates in HCCI Engines, Based on Multi-Zone Modeling and Experiments. Warrendale, PA:

SAE International; 2005. https://doi.org/10.4271/2005-01-0113.
[4] Machrafi H, Cavadiasa S. An experimental and numerical analysis of the influence of the inlet temperature, equivalence ratio and compression ratio on the HCCI auto-ignition process of Primary Reference Fuels in an engine. Fuel Processing Technology 2008;89:1218–26. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.05.019.
[5] Yao M, Zheng Z, Liu H. Progress and recent trends in homogeneous charge compression ignition (HCCI) engines. Progress in Energy and Combustion Science 2009;35:398–437. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.05.001.
[6] Duret P, Gatellier B, Monteiro L, Miche M, Zima P, Maroteaux D, et al. Progress in Diesel HCCI Combustion Within the European SPACE LIGHT Project. Warrendale, PA: SAE International; 2004. https://doi.org/10.4271/2004-01-1904.
[7] Yousefzadeh A, Jahanian O. Using detailed chemical kinetics 3D-CFD model to investigate combustion phase of a CNG-HCCI engine according to control strategy requirements. Energy Conversion and Management 2017;133:524–34. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.10.072.
[8] Poorghasemi K, Saray RK, Bahlouli K, Zehni A. 3D CFD simulation of a natural gas fueled HCCI engine with employing a reduced mechanism. Fuel 2016;182:816–30. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.06.005.
[9] Kodavasal J, McNenly MJ, Babajimopoulos A, Aceves SM, Assanis DN, Havstad MA, et al. An accelerated multi-zone model for engine cycle simulation of homogeneous charge compression ignition combustion. International Journal of Engine Research 2013;14:416–33. https://doi.org/10.1177/1468087413482480.
[10] Woschni G. A Universally Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in the Internal Combustion Engine. Warrendale, PA: SAE International; 1967. https://doi.org/10.4271/670931.
[11] David G. Goodwin, Harry K. Moffat, Raymond L. Speth. Cantera: An Object-oriented Software Toolkit for Chemical Kinetics, Thermodynamics, and Transport Processes. 2017.
[12] Fiveland SB, Agama R, Christensen M, Johansson B, Hiltner J, Maus F, et al. Experimental and Simulated Results Detailing the Sensitivity of Natural Gas HCCI Engines to Fuel Composition. Warrendale, PA: SAE International; 2001. https://doi.org/10.4271/2001-01-3609.
[13] Fiveland SB, Assanis DN. Development of a Two-Zone HCCI Combustion Model Accounting for Boundary Layer Effects. Warrendale, PA: SAE International; 2001. https://doi.org/10.4271/2001-01-1028.

Inicios de un Aprendizaje Automático Cuántico

Rosales A. Sandra Samara[1]; Jiménez Hernández Hugo [2] email: ssra.uami@gmail.com[1]; email: hugo.jimenez@cidesi.edu.mx [2;] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Informatica[1]. CIDESI[2].

Resumen

Este artículo estudia el algoritmo Grover, como algoritmo base en la generación de diversas versiones de algoritmos de búsqueda cuánticos, desarrollados en el área de *Quantum Machine Learning*, una rama de la inteligencia artificial. Para este propósito se presentan los fundamentos de la computación cuántica, a partir de las funciones unitarias reversibles y las compuertas cuánticas principales. Se explica e implementa el algoritmo de Grover, en el lenguaje de programación Qiskit, para ejecutarlo en una computadora cuántica real. Finalmente, se discuten algunas de las implicaciones que existen con la generación de algoritmos cuánticos, como la necesidad de generar una definición de complejidad computacional en escenarios cuánticos, que ayuden a la clasificación de algoritmos, así como a la mejora en el desarrollo de los mismos.

Palabras clave: algoritmos de búsqueda cuántica, complejidad cuántica, computación cuántica, algoritmo de Grover.

Abstract

This article studies the Grover algorithm as the basis in the development of various versions of quantum search algorithms generated in the field of *Quantum Machine Learning*, a branch of artificial intelligence. For this purpose, they present the fundamentals of quantum computing, based on reversible unit functions and major quantum gates. Grover's algorithm is explained and is implemented, in the Qiskit programming language, to run on a real quantum computer. Finally, it presents a discussion over the implications that exist with the generation of quantum algorithms and the need to generate a definition of computational complexity in quantum scenarios, which helps to classify algorithms, as well as better development of them.

Keywords: quantum search algorithms, quantum complexity, quantum computation, Grover algorithm.

Introducción

Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) existe hace más de seis décadas; se le conoce como la capacidad que puede desarrollar una máquina para aprender de la experiencia, adaptándose a distintas situaciones y realizar tareas similares a las humanas (Kim 2017). Un tipo de IA es el aprendizaje automático o *Machine Learning,* (ML), que es una técnica de modelizado de datos que se utiliza en diversos problemas donde no hay una solución analítica(Kim 2017). El *ML* se basa en minimizar una función multivariante restrictiva. El resultado de esta optimización es una función de decisión que asigna datos de entrada a datos de salida(Mansour 2011).

El método usado frecuentemente para la resolución de problemas en la IA es la búsqueda, ganando interés en modelizado de sistemas complejos. Siendo la mejor opción los métodos de búsqueda directa, de acuerdo con Mansour (2011), es un algoritmo que depende de una función objetivo utilizando únicamente la clasificación de un conjunto de valores. Debido a su simplicidad, flexibilidad y confiabilidad estos algoritmos son populares, sin embargo, para gran cantidad de problemas del mundo real no son factibles, es cuando surgen enfoques heurísticos, con el fin de encontrar soluciones efectivas (Mansour 2011).

Con el mismo fin surge, la minería de datos; campo relacionado con el *ML*. Esta, toma prestados métodos estadísticos, algoritmos del *ML* y métodos de programación distribuida, entre otros. También, utiliza conceptos de bases de datos y gestión de datos(Lu et al. 2014). Por ejemplo, la agrupación de

K-medias, que identifica grupos de elementos similares, las máquinas de vectores que aprenden a clasificar conjuntos en categorías predefinidas y las técnicas de reducción de dimensionalidad, como la descomposición de valores singulares, que mejoran el rendimiento de recuperación (Duan, Edwards, y Dwivedi 2019).

Tabla 1

Algoritmos cuánticos que contienen el algoritmo de Grover o alguna variante de éste

Algoritmo	Grover	Complejidad de tiempo	Información cuántica
K-medianas	Sí	Cuadrática	No
Agrupación jerárquica (Clustering)	Sí	Cuadrática	No
K-medias	Opcional	Exponencial	Sí
Componentes principales	No	Exponencial	Sí
Memoria asociativa	Sí		No
Redes neuronales	Sí		No
Máquinas de soporte vectorial[1]	Sí	Cuadrática	No
Máquinas de soporte vectorial[2]	No		Sí
Vecinos más cercanos	Sí	Cuadrática	No
Regresión	No		Sí
Boosting	No	Cuadrática	No

La columna titulada "Algoritmo" indica el método de aprendizaje clásico. La columna titulada "Grover" indica si el algoritmo utiliza la búsqueda de Grover o una variante de éste. La columna titulada "Complejidad de tiempo" indica cuánto más rápido es la variante cuántica comparada con la versión clásica conocida. "Información cuántica" se refiere a si los datos de entrada, salida o ambos son estados cuánticos, en otro caso son vectores clásicos. Fuente: Elaboración propia basada en (Lu et al. 2014)

El *ML* es fundamental para la minería de datos y los algoritmos de aprendizaje son la base de este análisis, pero hay mucho más para que una minería de datos sea exitosa. En este sentido surge el aprendizaje automático cuántico, como una alternativa que aprovecha características de la mecánica cuántica, enfocándola al análisis de datos. Si bien los métodos cuánticos pueden tener una mayor implicación en distintas etapas del proceso de minería, el presente artículo se limitará al análisis del algoritmo de búsqueda en una base de datos desordenada y su relación con la computación cuántica. Siendo este algoritmo fundamental para el crecimiento y creación de algoritmos cuánticos actualmente utilizados en la minería de datos, y, por ende, en *ML*.

Computación cuántica y aprendizaje automático

En el siglo XIX Feyman señaló que se debía construir una máquina que soportara la simulación de sistemas cuánticos, ya que en computadoras clásicas tan pronto como aumenta el tamaño del sistema éste se vuelve inviable, suponía que con partículas cuánticas no se sufriría de estas restricciones. Siguiendo esta idea Deutsch indicó, que las computadoras cuánticas son máquinas de Turing universales y que el paralelismo cuántico implicaba que ciertas tareas pueden realizarse más rápido que con las computadoras clásicas (Chuang 2010).

Actualmente, la información cuántica tiene tres principales vertientes: computación cuántica, teoría de la información cuántica y criptografía cuántica (Lu et al. 2014). Este artículo se enfoca en la computación cuántica, el campo de investigación que utiliza fenómenos cuánticos como la superposición, el entrelazamiento y la interferencia, la cual opera con datos representados por estados cuánticos.

Aunque hoy en día existen diversas implementaciones de algoritmos que utilizan métodos cuánticos, la velocidad es una característica prioritaria, dejando de lado la complejidad algorítmica computacional. Se puede decir que, si un algoritmo cuántico tiene la misma complejidad computacional que su análogo

clásico, no aporta nada nuevo al campo. Sin embargo, esto propicia, una creación de algoritmos cuánticos lenta, y en consecuencia, el análisis algorítmico cuántico también es afectado, pues incluso con mejoras de velocidad, (Lu et al. 2014)muestra que algunos algoritmos de clase NP no se pueden resolver en un tiempo menor que exponencial, incluso, con una computadora cuántica.

En trabajos recientes de métodos no supervisados como: K medianas, agrupamiento jerárquico o incrustación de variedad cuántica, se basan en la aplicación de la búsqueda de Grover o una de sus variantes. Así como los, métodos de memoria asociativa cuántica y redes neuronales cuánticas; al igual que la primera versión de las máquinas vectoriales de soporte cuántico. (Lu et al. 2014) menciona que, en total, aproximadamente la mitad de todos los métodos propuestos para el aprendizaje en un entorno cuántico utilizan este algoritmo. Véase Tabla 1.

Algoritmo de Groover

Al remontar a un problema común en computación clásica como lo es, encontrar un elemento en un arreglo de tamaño N desordenado, donde la manera más sencilla es revisar casilla por casilla y verificar si el elemento buscado coincide con el elemento dentro de la casilla. Se sabe que en el peor de los casos nos llevaría N iteraciones, es decir N comparaciones o consultas. Si N es suficientemente grande, el problema se vuelve difícil de corroborar. Actualmente, debido a la cantidad de datos existentes, analizar un dato en un arreglo suficientemente grande, es trabajo cotidiano de la minería de datos.

Un algoritmo de la computación cuántica que aborda el problema antes mencionado es el algoritmo de Grover; el cual es el algoritmo más famoso en computación cuántica después del algoritmo de Shor (Eleanor Reiffel and Wolfgang Polak 2012). Su éxito radica, en tener una aceleración cuadrática, es decir $O\left(\sqrt{N}\right)$, para la búsqueda de un elemento en un conjunto de datos desordenados. Por esta característica el algoritmo es ampliamente utilizado para desarrollar múltiples generalizaciones y es aplicado a una extensa gama de problemas. En la Tabla 1 se muestran algunos métodos de aprendizaje cuántico, que utilizan la búsqueda de Grover o una variante de éste.

Utilizar este algoritmo como base establece el límite de la rapidez con que los métodos de aprendizaje trabajan. La velocidad exponencial es posible en escenarios donde tanto la entrada como la salida también son cuánticas: listar elementos de una clase o leer los datos clásicos una vez; implicaría al menos una complejidad de tiempo lineal.

El algoritmo de Grover resuelve un problema que puede llamarse de caja negra u oráculo. Tiene éxito en encontrar el elemento con $O(\sqrt{N})$ consultas, mientras que los mejores enfoques clásicos posibles requieren $O(N)$ revisiones. Esta mejora de la complejidad en las consultas sobre el caso clásico se traduce en una aceleración, para determinadas condiciones depende de la eficiencia con la que se pueda implementar la caja negra y de si existe una estructura adicional al problema que pueda ser aprovechada por los algoritmos clásicos y cuánticos (Eleanor Reiffel and Wolfgang Polak 2012) . En la sección *Desarrollo conceptual y teórico* se profundizará acerca de este algoritmo.

El algoritmo de búsqueda de Grover se presentó por primera vez en 1997, posteriormente Grover extendió su algoritmo para lograr una aceleración cuadrática en otros problemas distintos a los de búsqueda como calcular la media y la mediana de una función. Esta extensión es conocida como amplificación de amplitud, que se puede utilizar como una subrutina en otros cálculos cuánticos, esencialmente con cualquier distribución de amplitud inicial manteniendo una complejidad $O\left(\sqrt{N}\right)$. Además, utilizando técnicas similares, Grover mostró que ciertos problemas de búsqueda que se ejecutan clásicamente en $O(\log N)$ pueden resolverse en una computadora cuántica con una complejidad $O(1)$, constante.

Actualmente, existen diversos modelos de computadoras cuánticas, los cuales se muestran en la Tabla 2. Igualmente, la empresa *International Business Machines Corporation* (IBM), ha destinado recursos en la creación de computadoras cuánticas con un tipo de superconductor de carga, llamado transmon (IBM 2019). La disposición de estas computadoras es en línea y el lenguaje de programación utilizado es *Qiskit.* Las computadoras cuánticas actualmente disponibles tienen menos de 100 qubits. En este artículo se utilizará esta herramienta para desarrollar el algoritmo de Grover.

Tabla 2
Modelos de representación para la computación cuántica

Modelo	Descripción
Adiabático (Sandeep, Sen; Amit 2019)	Utiliza el concepto de Hamiltoniano cuántico, requiere temperaturas más bajas conforme el tamaño del problema es más grande.
Topológico (Eleanor Reiffel and Wolfgang Polak 2012)	Se basa en el trenzado de un cierto tipo de cuasipartículas llamadas anyóns, que pueden surgir en sistemas cuasi-bidimensionales de muchos cuerpos.
Caminatas cuánticas (Eleanor Reiffel and Wolfgang Polak 2012)	Usa el principio de caminatas aleatorias con comportamientos de los sistemas cuánticos.
One clean qubit (Yoganathan y Cade 2019)	Emplea un qubit en estado puro y n qubits en estado máximo mezclado.
Basado en mediciones (Smith y Mosca 2012)	Realiza mediciones descriptivas de un solo qubit sobre un estado especial inicial de entrelazamiento.
Máquina de Turing cuántica (Lipton 2014)	Se vale del modelo de una máquina de Turing clásica, cambiando la cinta de bits a una cinta de qubits y con amplitudes de transición, en lugar de transición.
Circuitos o compuertas cuánticas (Ying 2016)	Aplica la noción de un circuito lógicas (AND[1], NOT[2], etc.), donde las entradas son qubits.

Modelos de implementación para una computadora que utilice y explote los procesos de la física cuántica.[1]Compuerta que implementa la conjunción lógica.[2]Compuerta que implementa la negación lógica. Fuente: Elaboración propia

Desarrollo conceptual y teórico

Conceptos de computación cuántica

En la mecánica cuántica, aún hay preguntas sin respuesta sobre el cambio de los estados físicos, ya que, éstos cambian con leyes probabilísticas. Es decir, que la evolución de un sistema, que pasa de un estado a otro, ocurre con cierta probabilidad (Yanofsky, Univer-, y Mannucci 2009). Para abordar estos procesos dinámicos físicos la representación gráfica (grafo del sistema) es útil, puesto que, cada nodo representa una posición de la partícula y el peso de la arista representa la probabilidad de que la partícula se encuentre en ese estado, obteniendo de esta forma el movimiento de esta.

Para observar cómo cambia una partícula (objeto, fotón, etc.) de un tiempo *t* a un tiempo *t+1*, suponga que se tienen las matrices de adyacencia que representan la partícula en el tiempo *t* y *t+1;* bastará el producto de estas matrices para representar los cambios del sistema en un tiempo *k*.

En computación cuántica, esto se traduce en comenzar con un estado inicial, descrito por un vector, este será esencialmente la entrada al sistema. Las operaciones en una computadora cuántica corresponderán a multiplicar el vector por distintos estados (matrices). La salida será el estado resultante después de la aplicación de los distintos estados (multiplicación de matrices resultantes) (Coles et al. 2018). Por ejemplo, si la partícula es un fotón, querría decir que éste no está en una sola posición, más bien está en muchas posiciones de manera simultánea. A esta característica se le conoce como una *superposición* (Marco 2009), que se definirá más adelante.

La notación utilizada para expresar procesos cuánticos es conocida como, notación Bra-Ket y fue desarrollada por Paul M. Dirac(Ying 2016). Esta notación es la utilizada para representar y operar en computación cuántica. Entonces, la unidad básica de información en la computación cuántica es el *qubit*, este representa un estado utilizando números complejos (a, b), juntos expresan la probabilidad de que el qubit tenga un valor de 0 o 1. Los estados básicos son representados por, $|0\rangle$ y $|1\rangle$; vectores de la forma $\binom{1}{0}$, $\binom{0}{1}$ respectivamente, que forman una base en $\mathbb{C}^2$. Es decir, son ortogonales tales que,

$\langle 0|1\rangle = 1 * 0 + 0 * 1 = 0 = \langle 1|0\rangle$ y $\langle 1|1\rangle = \langle 0|0\rangle = 1$.

Como se mencionó anteriormente, una partícula puede estar en todas las posiciones simultáneamente. Por lo tanto, un qubit puede estar en el estado 0 ,1 o alguna mezcla de ambos (Marco 2009). A esto se le conoce como *superposición,* y se representa como una combinación lineal de la siguiente forma, $|\psi\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ ó $\langle\psi| = \alpha_0{}^*\langle 0| + \alpha_1{}^*\langle 1|$, donde α_0 y $\alpha_1 \in \mathbb{C}$, serán las amplitudes de $|0\rangle$ y $|1\rangle$ respectivamente; tales que, $|\alpha_0|^2 + |\alpha_1|^2 = 1$.

En el ejemplo mencionado arriba, cuando se quiere conocer el valor de la posición del fotón, se debe advertir que, cuando un estado de *superposición* es observado (medido), este colapsa con una probabilidad de $|\alpha_0|^2$ para el estado básico $|0\rangle$ y $|\alpha_1|^2$ para el estado básico $|1\rangle$. Formalmente este valor, se obtiene a partir de la regla de Born, que se define a continuación.

Definición (regla de Born): La probabilidad que un estado $|\psi\rangle$ colapse al estado $|1\rangle$, está dado por

$$P(x) = |\langle x| \quad \psi\rangle|^2 \ , \sum_i P(x_i) = 1$$

Para trabajar con problemas de n *qubits*, se generaliza la idea de un *qubit* usando el producto tensorial.

Cada estado básico de *n qubits,* corresponde a un vector en la base $\mathbb{C}^{2n}$. Los estados de superposición serán de la forma $\alpha_0|0\ldots 0\rangle + \ldots + \alpha_{2^n-1}|1\ldots 1\rangle$, es decir, combinaciones lineales, al igual que en la descripción anterior para un *qubit*, con $\alpha_i \in \mathbb{C}$ que se comporta como $|\alpha_0|^2 + \ldots + |\alpha_{2^n-1}|^2 = 1$, (Marco 2009)y también se puede aplicar la regla de Born.

Por otro lado, un estado fundamental para la computación cuántica es el estado de *entrelazamiento* que representa un estado puro que no puede ser representado como, $|a\rangle \otimes |b\rangle$, es decir un producto tensorial de sus elementos (Ying 2016). Algunos ejemplos de este fenómeno son (1.2) y (1.3), así como los estados de Bell, conocidos también como estados de máximo entrelazamiento. Estos estados ayudan a mantener los valores durante todo el proceso, es decir si uno cambia se ve automáticamente reflejado el cambio, en programación, generalmente son utilizados para inicializar estados básicos.

$$|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \qquad (1.2)$$

$$|-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \qquad (1.3)$$

Algoritmos y compuertas cuánticas

Un algoritmo cuántico se puede definir como un procedimiento que resuelve un problema de forma exitosa, utilizando propiedades de la física cuántica, como es, el entrelazamiento y la superposición. El cual recibe *n* entradas y obtiene al menos una salida (Marco 2009). Asimismo se pueden dar algunas características más específicas (Coles et al. 2018)*:*

- Codificación de los datos, que podrían ser clásicos o cuánticos, como un conjunto de qubits de entrada.
- Una secuencia de *compuertas cuánticas* aplicadas a este conjunto de entrada qubits.
- Mediciones de uno o más qubits al final para obtener un resultado interpretable de forma clásica.

Un concepto en los algoritmos cuánticos es el *paralelismo cuántico*, que, a diferencia del cómputo en paralelo, este realiza una serie de operaciones cuánticas (*compuertas cuánticas*), de manera simultánea. Esto es posible debido a la superposición ya que cuando se aplica una compuerta cuántica a uno de estos estados en superposición, en realidad se afecta a los *n* qubits que conforman este estado. Es decir, solo se necesita una compuerta cuántica que implemente una transformación unitaria de la forma, $U_f: |x, y\rangle \rightarrow |x, y \otimes f(x)\rangle$ donde $x \in \{0,1\}^n$ y $y \in \{0,1\}$,donde $f(x)$, es una función cualquiera (Ying 2016). Un ejemplo es la compuerta *Hadamard* (1.5) representada en la Figura 1.

Una *compuerta cuántica* es una transformación unitaria (operaciones), reversible desarrollada en $\mathbb{C}^2$, cada una afecta a un número pequeño de qubits y debe cumplir con:

- Definir el efecto sobre los estados básicos.
- Comportarse linealmente sobre los estados de superposición.
- Unitaria.

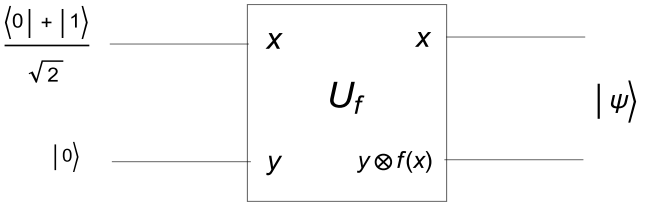


Figura 1. Descripción gráfica de aplicación de transformación unitaria, nombrada *Hadamard.* Fuente: Elaboración propia basada en (Rand 2019).

Dos de algunas compuertas cuánticas fundamentales, son (Coles et al. 2018):

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \tag{1.4}$$

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \tag{1.5}$$

La Figura 2, muestra la manera de representar estas compuertas y los algoritmos cuánticos como un diagrama de circuitos, donde cada línea que se conecta a la caja es nombrada "cable", al inicio de este cable se encuentra el qubit de entrada, la operación unitaria o compuerta cuántica estará etiquetada con la letra correspondiente en el centro del rectángulo, al final se deberá tener la compuerta "medida", con la que se podrá obtener el resultado después de aplicar las distintas operaciones. Se ha de recordar que, esto hará que el sistema colapse a un sistema clásico.

Una compuerta sumamente importante, ya que es similar al condicionante *if* en el computo tradicional, es la compuerta C-NOT o Controlled NOT definida como, $|a\ b\rangle \Rightarrow |a\ \ b \otimes a\rangle$ donde $a, b \in \{0,1\}$. Donde, el primer qubit se le llama "control" y el segundo qubit "objetivo". Si control = 0, el objetivo no cambia, si el control =1, entonces, se niega el objetivo. La notación matricial se muestra en (1.6).

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \tag{1.6}$$

Algoritmo de Grover

El algoritmo de Grover, desarrollado para la computación cuántica, permite encontrar un elemento específico dentro de un arreglo desordenado de tamaño N, con una probabilidad de éxito de ½, realizando $O(\sqrt{N})$ operaciones. En cambio, para el computo tradicional, se sabe, que el peor de los casos, tendría que realizar $O(N)$ consultas. Es evidente la disminución sobre la cantidad de operaciones sobre un algoritmo clásico. Además, se demostró que ninguna máquina de Turing cuántica puede hacerlo en menos de $O(\sqrt{N})$ operaciones (Coles et al. 2018). Sin embargo, este enfoque no solo es exclusivo para búsquedas en bases de datos; Mosca (2012) plantean que en particular se puede utilizar para cualquier problema *NP* (el conjunto de problemas para los que se puede verificar una solución en tiempo polinomial. Por ejemplo, para encontrar una solución a una instancia del problema 3-SAT.

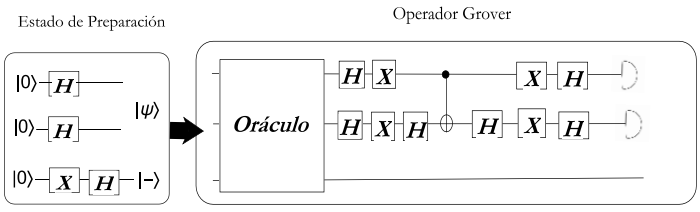


Figura 2. Diagrama esquemático del algoritmo de Grover. Fuente: Elaboración propia basada en (Coles et al. 2018).

Definición (problema de búsqueda). Buscar en una base de datos desordenada de tamaño N, indexados por los números $0,1,\ldots,N-1$. Por conveniencia se asume que $N = 2^n$ de modo que el índice se puede

almacenar en *n* bits. Asimismo, se considera que el problema tiene exactamente M soluciones, con $1 \geq M \geq N$ (Chuang 2010).

Una idea para el desarrollo de un algoritmo (circuito) cuántico es invertir un qubit auxiliar *q*, si una función $f(x)$ es igual a 1 para una entrada x. La función está definida por (1.7), donde $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ son variables binarias y x^* es el elemento buscado.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & si \quad x = x^* \\ 0 & si \quad x \neq x^* \end{cases} \qquad (1.7)$$

Sea, por ejemplo, $x = (x_1, x_2)$ y se desea encontrar x^* tal que $x_1^* = 1$ y $x_2^* = 1$. Esencialmente significa que la nuestra función $f(x)$ es una compuerta lógica *AND*, esto suena a una desilusión. Sin embargo, existe una versión la compuerta C-NOT (1.1) con dos bits de entrada, conocida también como "compuerta de Toffoli"(Ying 2016), que es similar a la compuerta AND lógica. Esta compuerta toma tres bits de entrada y tres bits como salida. Los primeros 2 bits no se modifican. El tercer bit se invierte si los 2 primeros bits son iguales a 1. De forma general el comportamiento se puede definir como $|x\rangle|q\rangle \longrightarrow |x\rangle|f(x) \oplus q\rangle$, donde $|x\rangle$ es el índice, $\oplus$ denota la suma modulo 2, y el oráculo qubit es $|q\rangle$, el cual cambia si $f(x) = 1$, en otro caso no lo hace. Se puede verificar si x es una solución de la búsqueda, preparando $|x\rangle|0\rangle$, aplicando el oráculo, y verificando si el qubit cambio a $|1\rangle$ (Coles et al. 2018). Por lo tanto, la acción del oráculo quedaría como (1.8):

$$|x\rangle\left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \longrightarrow (-1)^{f(x)}|x\rangle\left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \qquad (1.8)$$

Para este algoritmo es útil inicializar al qubit oráculo con $\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}$, la compuerta *Hadamard* (1.5). Si x es una solución al problema, entonces los estados $|0\rangle$ y $|1\rangle$ se intercambian, dando como resultado $-|x\rangle\left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right)$. Cabe destacar que, el qubit oráculo no cambia, es decir la forma $\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}$, permanece durante la ejecución del algoritmo, por lo cual la ecuación (1.8), se puede reescribir como (1.9):

$$|x\rangle \xrightarrow{O} (-1)^{f(x)}|x\rangle \qquad (1.9)$$

Entonces, se dice que el oráculo marca las soluciones al problema de búsqueda, cambiando la fase (girando). Por lo tanto, para un problema de *N* elementos con *M* soluciones se necesita aplicar $O\left(\frac{N}{M}\right)$ veces el oráculo de búsqueda (Chuang 2010). En la Figura 2 se muestra la implementación con las compuertas descritas anteriormente.

Metodología

Implementación en IBM Quantum Expierence

Objetivo: Encontrar el valor x^*, dado un oráculo U_f reescribiendo las funciones (1.9) y (1.7), se obtiene la fase de oráculo (1.10) y difusor (1.11) respectivamente (Coles et al. 2018).

$$U_f: \begin{cases} |x^*\rangle \rightarrow -|x^*\rangle \\ |x\rangle \rightarrow |x\rangle \end{cases} \forall x \neq x^* \Rightarrow U_f \quad \text{entonces,}$$

$$U_f = I - 2|x^*\rangle\langle x^*| \qquad (1.10)$$

Y

$$U_{f_0}: \begin{cases} |0\rangle^{\otimes n} \rightarrow |0\rangle^{\otimes n} \\ |x\rangle \rightarrow -|x\rangle \end{cases} \forall x \neq 00 \dots 0$$

$$\Rightarrow U_{f_0} = 2|0\rangle\langle 0|^{\otimes n} - I \qquad (1.11)$$

La implementación de las funciones desarrolladas (1.10) y (1.11) en el lenguaje de Qiskit son:

Función de fase de oráculo

```
def fase_oraculo(n, índices_a_marcar, nombre =
'Oraculo'):

    # crea un circuito cuántico de n qubits
    qc = QuantumCircuit(n, name=nombre)

    #Codificacion binaria mediante una matriz
unitaria de n qubits
    matriz_oraculo=np.identity(2**n)
    #Agregar la marca -1 al dato por buscar
    for i in índices_a_marcar:
        matriz_oraculo[i, i] = -1
```

```
    # convierte tu matriz (llamada matriz_oraculo)
a un operado, para agregarlo al circuito cuántico
    qc.unitary(Operator(matriz_oraculo), range(n))

    #regresa el circuito cuántico
    return qc
```

Código 1.- Representación de la función (1.11), el oráculo, recibe el tamaño del arreglo, así como el índice a marcar como el valor encontrado.

Función Difusor

```
def difusor(n):

    # crea un circuito cuántico de n qubits
    qc = QuantumCircuit(n, name='Difusor')

    #Aplicar Hadamard a todos n qubits para crear
superposición
    qc.h(range(n))
    #Aplicar fase de oráculo X, CZ, X
    qc.append(fase_oraculo (n, [0]), range(n))
    #Aplica Hadamard nuevamente a los n qubits
    qc.h(range(n))

    #regresa el circuito cuántico
    return qc
```

Código 2.- Aplicación de la función (1.10), que aplica la compuerta *Hadamard* (1.5) y amplifica el valor correcto.

Ahora se combinan las dos funciones para crear el algoritmo principal. Es necesario determinar la cantidad de veces que se deben ejecutar estas funciones en el algoritmo principal (Código 3) para obtener el valor buscado x^*, en particular, esa cantidad se define como una rotación de 90º aproximadamente, es decir $r = \left\lfloor \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{N}{k}} \right\rfloor$, donde k es el número de elementos a buscar (indices_a_marcar) y N es el tamaño del arreglo.

Función Grover

```
def Grover(n, índices_elemts_marcados):

    # crea un circuito cuántico de n qubits
    qc = QuantumCircuit(n, n)

    # Establece r
    r =
int(np.floor(np.pi/4*np.sqrt(2**n/len(índices_elemt
s_marcados))))
    print(f'{n} qubits, estados basicos {
índices_elemts_marcados } marcados, {r}
ejecuciones)

    # paso 1: Aplicar la compuerta Hadamard a todos
los qubits
    qc.h(range(n))

    # paso 2: Aplicar r veces la fase de oráculo y
la fase de difusor
    for _ in range(r):
        qc.append(fase_oraculo (n,
índices_elemts_marcados), range(n))
        qc.append(difusor(n), range(n))

    # paso 3: medir todos los qubits
    qc.measure(range(n), range(n))

    return qc

mycircuit = Grover(3, [1])
mycircuit.draw(output='text')
```

Código 3.- Algoritmo principal que ejecuta las dos funciones de Código 1y Código 2, recibiendo como entrada el tamaño del arreglo y los índices a buscar.

Ejecución en simulador

```
from qiskit import Aer, execute
simulator = Aer.get_backend('qasm_simulator')
counts = execute(mycircuit, backend=simulator,
shots=1000).result().get_counts(mycircuit)
from qiskit.visualization import plot_histogram
plot_histogram(counts)
```

Código 4.- Implementación de Código 3, sobre una simulación de computadora cuántica que utiliza recursos del computador personal.

Ejecución en computadora cuántica

```
from qiskit.providers.ibmq import least_busy
mycircuitQC = Grover(3, [1]) #Ejecuto mi circuito

# busco el circuito disponible con menos trabajos
backend = least_busy( provider.backends(
filters=lambda x: x.configuration().n_qubits == 5
and not x.configuration().simulator and
x.status().operational==True))

#Obtengo el nombre
print("Backend menos ocupado: ",backend)
backend = provider.get_backend('ibmq_5_yorktown')
%qiskit_job_watcher

shots=1024
job=execute(mycircuitQC,
backend=backend,shots=shots, optimization_level=3)
resultados = job.result()
respuesta = resultados.get_counts()
plot_histogram(respuesta)
```

Código 5.- Implementación del Código 3, sobre una máquina cuántica de 5 qubits en línea, se realiza una ejecución de 1024, para una mejor apreciación del resultado. Se muestra el resultado a manera de histograma.

Para la ejecución en la simulación de computadora cuántica se utiliza el Código 4 y para la ejecución sobre una computadora cuántica real, con acceso en línea se utilizó el Código 5. Toda la implementación se realiza usando IBM Quantum Experience (IBM 2019).

Resultados

La implementación del algoritmo cuántico desarrollado se muestra en la Figura 3, en forma de diagrama. Se observa la cantidad de *r* veces que se ejecutó el conjunto de las funciones oráculo y difusor, así como la compuerta de medición al final, la cual mapea los qubits hacia los bits clásicos c_1, c_2, c_3.

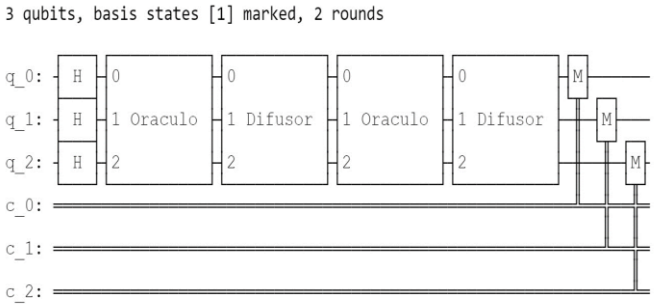


Figura 3. Muestra la entradas cuánticas y clásicas (q_i, c_i), las compuertas y las funciones aplicadas r veces. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 muestra el resultado de la implementación en la simulación de computadora cuántica. Se recordará que en la sección de implementación se utilizó la función Grover con 3 y el valor 1 como datos de entrada "*mycircuitQC = Grover (3, [1]) #Ejecuto mi circuito",* es decir de un arreglo de tamaño 3 quiero conocer la posición del valor 1. En la simulación la máquina disminuye el ruido, por lo cual la probabilidad mostrada con el valor 1 que se encuentre en el arreglo 001 es el 94.2%.

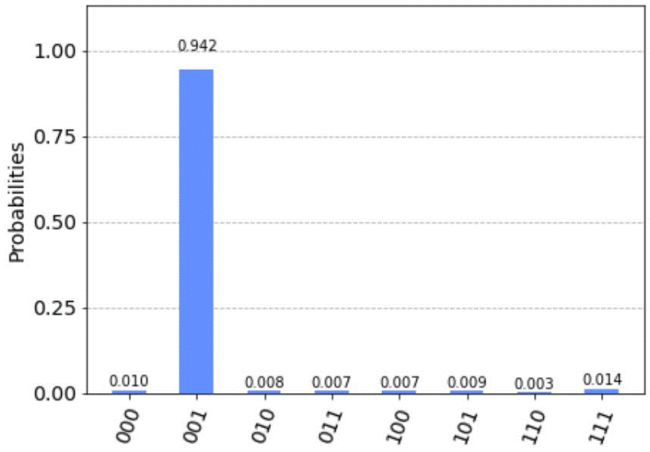


Figura 4. Ejecución de algoritmo de Grover con 3 qubits y 1 como dato a buscar. Implementado en simulador. Fuente: Elaboración propia.

Para la implementación sobre una máquina cuántica, se elige un circuito con 5 qubits. Los resultados de la ejecución de este algoritmo, mostrados en la Figura 5, exponen el resultado correcto, con probabilidad 43.2%. Se nota que también crecen otras opciones, no de igual forma que la respuesta correcta, haciendo que se aprecie el resultado correcto. Este comportamiento se debe a la utilización de amplificación de amplitudes, es decir el desarrollo de la función de Grover.

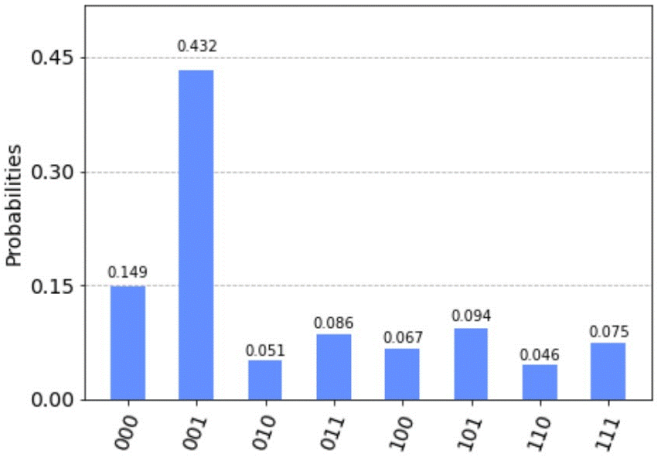


Figura 5. Ejecución de algoritmo de Grover con 3 qubits y dato a buscar 1. Implementado en maquina cuántica *'ibmq_5_yorktown'* Fuente: Elaboración propia.

Discusión y conclusiones

El cómputo cuántico ofrece una alternativa distinta a un modelo clásico de computación. Las implementaciones en entornos acotados, muestran que ofrecen una herramienta para desarrollar algoritmos distintos a los tradicionales, tal es el caso del algoritmo de Grover. Este algoritmo muestra implementaciones diferentes a un modelo clásico y ofrece las bases para esquemas nuevos en el desarrollo de QML (Quantum Machine Learning).

La introducción a nuevas aproximaciones de cómputo resulta complicada de evaluar, pues a excepción de su aplicabilidad parecido al modelo clásico, la referencia para su evaluación es la posibilidad de su realización. Por tal situación, a veces la resistencia a su uso masificado. Sin embargo, se debe entender que nuevos algoritmos en distintas aproximaciones de computo en problemas similares no necesariamente

pueden ser más eficientes, pero en entornos concretos, muestran su capacidad al tener propiedades deseables como el paralelismo masivo, superposición de información, por mencionar algunas.

Tal es el caso del algoritmo de Grover presentado, que al ser de naturaleza cuántica resulta complicado compararlo en computo clásico. Por esta razón una forma de evaluar un algoritmo en el computo tradicional es la complejidad algorítmica, por lo cual parece sensato, desarrollar una complejidad algorítmica cuántica, para poder determinar cuan grande es el aporte de un algoritmo sobre este paradigma, sin tener la necesidad de implementarlo sobre una computadora cuántica real.

Además, la creación de una complejidad algorítmica cuántica también podría generar una clasificación sobre los tipos de problemas que se pueden resolver en una computadora cuántica, como lo es P y NP para el computo tradicional, siendo este una propuesta para futuros trabajos.

Referencias

Chuang, M. A. Nielsen and I. L. 2010. *Quantum Computation and Quantum Information,*. Vol. 52. United Kingdom: Cambrige University Press.

Coles, Patrick J., Stephan Eidenbenz, Scott Pakin, Adetokunbo Adedoyin, John Ambrosiano, Petr Anisimov, William Casper, Gopinath Chennupati, Carleton Coffrin, Hristo Djidjev, y others. 2018. "Quantum algorithm implementations for beginners". *arXiv preprint arXiv:1804.03719*.

Duan, Yanqing, John S. Edwards, y Yogesh K. Dwivedi. 2019. "Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda". *International Journal of Information Management* 48:63–71.

Eleanor Reiffel and Wolfgang Polak. 2012. *QUANTUM COMPUTING*. Vol. 91.

IBM. 2019. "Liga IBM Experience Quantum". Recuperado (https://www.ibm.com/quantum-computing/learn/what-is-ibm-q).

Kim, Phil. 2017. *MATLAB Deep Learning*.

Lipton, Richard J. 2014. *Quantum Algorithms via Linear Algebra*.

Lu, Si Cong, Yu Zheng, Xiao Ting Wang, y Re Bing Wu. 2014. *Book #10 - Quantum Machine Learning by Peter Wittek*. Vol. 34.

Mansour, Nashat. 2011. *SEARCH ALGORITHMS Edited by Nashat Mansour*.

Marco, Lanzagorta and Jeffrey Uhlmann. 2009. *Quantum Computer Science*. Vol. 53.

Mosca, Michele. 2012. "Quantum algorithms". *Computational Complexity: Theory, Techniques, and Applications* 9781461418:2303–33.

Rand, Robert. 2019. "Verification Logics for Quantum Programs". *ArXiv* abs/1904.0.

Sandeep, Sen; Amit, Kumar. 2019. *Design and Analysis of Algorithms: A Contemporary Perspective*.

Smith, Jamie, y Michele Mosca. 2012. "Algorithms for quantum computers". *Handbook of Natural Computing* 3–4:1452–92.

Yanofsky, Noson S., City Univer-, y Mirco A. Mannucci. 2009. *Quantum computing for computer scientists*. Vol. 46.

Ying, Mingsheng. 2016. *Foundations of Quantum Programming*.

Yoganathan, Mithuna, y Chris Cade. 2019. "The one clean qubit model without entanglement is classically simulable".

Confort térmico en residencias mediante concreto adicionado con EPS

Autor: J.C. Rosas-Valencia[1]
[1]Posgrado en Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. Jrosas07@alumnos.uaq.mx
Asesor: G.J. Rios-Moreno[2]**.**
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. riosg@uaq.mx

Resumen

A nivel mundial la problemática del calentamiento global ha tenido un mayor impacto en las zonas costeras, debido a su alta humedad, causando que las personas tengan que buscar alternativas de climatización artificial para satisfacer su demanda de confort térmico. Debido a esto último la industria de la construcción se ha visto en la necesidad de adaptar a las nuevas necesidades de vivienda en dichas zonas, empleando nuevos materiales de construcción con características térmicas y a su vez tomando en cuenta el impacto medio ambiental que dichos materiales pudiesen llegar a representar. Una investigación realizada en la zona costera de Mérida, Yucatán, muestro resultados de ganancia de confort térmico de 6 °C en casas auto producidas, en condiciones medio ambientales similares a las encontradas en el sitio de estudio. El objetivo de esta investigación es determinar la ganancia térmica mediante el uso del poliestireno expandido (EPS) como aislante térmico adicionado en la mezcla de concreto hidráulico de uso residencial para así disminuir el impacto ambiental generando el confort térmico al interior de las misma. Para determinar la factibilidad del material se realizó mediante la ayuda de un modelo teórico en 3D con ayuda del software *SketchUp*® y el entorno de pruebas de Open Studio en conjunto con el motor energético de *EnergyPlus*®. Los resultados indican una ganancia en términos de confort térmico que rondan los 5 °C en comparación con los datos estadísticos de viviendas en la región.

Palabras Clave: Confort térmico; Poliestireno expandido; Calentamiento global; Nuevos materiales; Construcción.

Abstract

Globally, the problem of global warming has had a greater impact on coastal areas, due to its high humidity, causing people to look for artificial air conditioning alternatives to meet their demand for thermal comfort. Due to the latter, the construction industry has been seen in the need to adapt to the new housing needs in these areas, using new building materials with thermal characteristics and in turn taking into account the environmental impact that such materials could represent. A research conducted in the coastal area of Merida, Yucatan, showed thermal comfort gain results of 6°C in self-produced homes, under environmental conditions similar to those found on the study site. The aim of this research is to determine the thermal gain by using expanded polystyrene (EPS) as a thermal insulator added in the mixture of hydraulic concrete for residential use in order to reduce the environmental impact generating thermal comfort inside them. To determine the feasibility of the material was performed by the help of a theoretical 3D model with the help of SketchUp software® and the OpenStudio testing environment in conjunction with the energy engine EnergyPlus®. The results indicate a gain in terms of thermal comfort of around 5°C compared to statistical housing data in the region.

Key words: Thermal comfort; Expanded polystyrene; Global warming; New materials; Construction**.**

I. Introducción

La creciente demanda de infraestructura a nivel mundial ha ido acompañada de un evidente incremento en el consumo de energía, especialmente en edificios residenciales y de oficinas, donde se consume una parte importante de la energía para operar los sistemas de calor, ventilación y aire

acondicionado (HVAC) (Chen et al., 2020). Un informe de la Agencia Internacional de la Energía sugiere que el consumo actual de energía en calefacción y/o refrigeración debido a la comodidad térmica junto con la calefacción de agua equivale al 60% del consumo energético mundial en los edificios (Dixit et al., 2019).

Las crecientes preocupaciones internacionales relacionadas con la energía y la conservación de los recursos han llevado a muchos esfuerzos científicos e industriales para mejorar las unidades de albañilería y muchos estudios de investigación están trabajando en el desarrollo de nuevos materiales con propiedades térmicas mejoradas (Sassine et al., 2020).

En la industria de los materiales de construcción el uso de diferentes materiales de desecho se ha convertido en una necesidad debido a la gran cantidad de desperdicios que estas generan y a la gran cantidad de energía y materias primas que estos materiales necesitan (Barbuta et al., 2017). Los desechos, como la ceniza volátil, escoria, humo de sílice, neumáticos, entre otros, son utilizados para mejorar las propiedades del concreto o, en su defecto, reemplazarlo como un aglomerante (Oke et al., 2017).

A lo largo de la historia, en el área de la ingeniería civil se han utilizado diversos materiales para la construcción; la utilización del EPS trae como beneficios una optimización de los costos y reducción en los tiempos de ejecución de la obra (Tiwari et al., 2020). Tradicionalmente su utilización se limitó a tabiquería de tipo liviano como división de espacios particularmente en oficinas y comercios, sin embargo, su uso se ha ampliado a bloques para entrepisos, e incluso tabiques que conforman sistemas de carga. Por otro lado, dicho material posee un bajo consumo energético debido a su excelente comportamiento térmico, en este sentido el uso del poliestireno expandido se ha tornado frecuente en la edificación de viviendas de interés social dentro del ámbito constructivo (Rogontino et al., 2017). Diferentes tipos de materiales sintéticos o fibras naturales son usados para obtener una gran variedad de compositos cementantes. Obtener importantes mejoras en las propiedades del concreto son posibles gracias al uso de combinaciones de desperdicios como aditivo (Pintea & Manea, 2019).

Xu et al. (2019), investigó el efecto del contenido de fibra de madera en las propiedades físicas del hormigón aireado autoclavado. Descubrió que añadir fibras de madera en hormigón aireado autoclavado (AAC) era mejor que agregar fibras de poliéster. Se encontró una ganancia de la relación entre la resistencia a la tracción y la resistencia a la compresión del AAC la cual varía de 10 a 35%, y de la relación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión que fue de aproximadamente 22-27%.

En el enfoque de confort térmico la Asociación Americana de Sistemas de Calefacción y Aire Acondicionado (ASHRAE) define el confort térmico como la condición mental en la cual se expresa satisfacción con el ambiente térmico (ASHRAE, 2017). Camuffo (2019) establece que en un mismo ambiente térmico puede ser percibido de diferente manera, por distintas personas y que la condición de confort térmico puede variar de una ambiente térmico a otro.

Garcia et al. (2011), realizo un estudio en la ciudad costera de Mérida, Yucatán, relacionado a la sensación térmica percibida en viviendas de interés social y auto construidas con condiciones climatológicas similares a las del caso de estudio, en la cual logro una ganancia de confort térmico promedio de 3 °C con una ganancia máxima de hasta los 6 °C.

El objetivo de esta investigación es determinar la ganancia de confort térmico mediante la adición de poliestireno expandido (EPS) como aislante térmico a las mezclas de concreto hidráulico para su uso en casas residenciales.

II. Consideraciones Teóricas

Existen diversos métodos que pretenden evaluar en qué medida se alcanza el confort térmico en una determinada situación, pero la mayoría de ellos no consideran variables que en un ambiente residencial son de gran importancia como la presencia de calor radiante, la intensidad de actividad, etc., por lo que su utilidad es muy limitada.

A. Método Fanger

Fue P.O. Fanger quién elaboró un procedimiento que contemplaba las diferentes variables que influyen en la valoración del ambiente térmico en un entorno laboral. El método de Fanger considera el nivel de actividad, las características de la ropa, la temperatura seca, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire. Todas estas variables influyen en los intercambios térmicos hombre-entorno, afectando a la sensación de confort.

El método de Fanger, en la actualidad uno de los más extendidos para la estimación del confort térmico, calcula dos índices denominados Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote) y Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied), que indican la sensación térmica media de un entorno y el porcentaje de personas que se sentirán inconfortables en un ambiente determinado. Esto resulta de gran interés no sólo cuando se trata de evaluar una situación sino cuando se pretende proyectar o modificar un ambiente térmico. La importancia y aplicación generalizada del método queda patente en su inclusión como parte de la norma ISO 7730 relativa a la evaluación del ambiente térmico.

El Voto medio estimado es un índice que refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto a una situación dada en una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la diferencia entre la producción interna de calor del cuerpo y su pérdida hacia el ambiente).

El Voto medio estimado predice el valor medio de la sensación térmica, no obstante, los votos individuales se distribuirán alrededor de dicho valor medio, por lo que resulta útil estimar el Porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable (Diego-Mas, 2015)

B. Limitaciones del método

Es necesario considerar ciertas limitaciones en la aplicabilidad del método de Fanger. Según las recomendaciones de la norma ISO 7730 "Ergonomía del ambiente térmico", el índice del Voto medio estimado (PMV) sólo debería utilizarse para evaluar ambientes térmicos en los que las variables implicadas en el cálculo permanecieran comprendidas dentro de los siguientes intervalos (que equivalen a ambientes térmicos entre frescos (-2) y calurosos (2)):

- Tasa metabólica comprendida entre 46 y 232 W/m² (entre 0,8 y 4 met).
- Aislamiento de la ropa entre 0 y 0,31 m² K/W (0 y 2 clo).
- Temperatura del aire entre 10 y 30 °C.
- Temperatura radiante media entre 10 y 40 °C.
- Velocidad del aire entre 0 y 1 m/s.
- Presión del vapor de agua entre 0 y 2700 Pa.

El método está especialmente diseñado para el estudio de condiciones ambientales estacionarias, aunque resulta una buena aproximación ante pequeñas variaciones de las condiciones en estudio utilizándose en este caso valores medios ponderados en el tiempo (ASHRAE, 2017).

III. Metodología

El desarrollo de la investigación se presenta en 4 apartados:

A) Diseño de la investigación.
B) Caso específico de la vivienda
C) Variables meteorológicas y térmicas.
D) Discusión de Resultados.

Se diseñó un diagrama de flujo para llevar a cabo la investigación de manera lineal y así estandarizar el desarrollo de la misma (Figura 1).

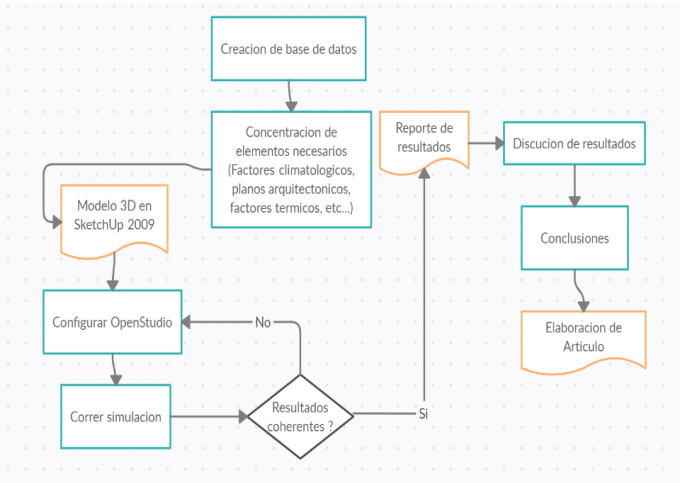


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para el confort térmico en residencias mediante concreto adicionado con EPS.

A. Diseño de la Investigación

La investigación pretende medir el confort térmico en viviendas residenciales mediante la adición de EPS a la mezcla de concreto hidráulico empleado para su fabricación.

Debido a las condicionantes de la investigación según los parámetros de: origen de los datos, tipo de clima, variables a analizar, entorno de pruebas y nivel de análisis, todos los requerimientos coinciden con el enfoque de adaptación; el cual conlleva un diseño de investigación de tipo ¨No experimental¨.

La dimensión temporal fue de tipo transversal, ya que el análisis se desarrolló para el periodo cálido.

El fenómeno estudiado fue el confort térmico percibido dentro de las casas residenciales construidas con concreto hidráulico adicionado con poliestireno expandido como aislante térmico.

El estudio se realizó en Mazatlán, Sinaloa, ciudad del noreste de México que se encuentra a una latitud de 23°14′29″ N y longitud -106°24′35″ O, con una altura sobre el nivel del mar de diez metros y temperaturas promedio de 26 °C, máximas de 41 °C y mínimas de 18 °C.

B. Caso específico de la vivienda

El estudio se realizó en casas residenciales ubicadas en la ciudad de Mazatlán. Los planos fueron proporcionados por la Arq. Gisela Vidales Camacho.

C. Variables meteorológicas y térmicas

La selección de variables ambientales a medir se basó en el efecto de las mismas en la sensación térmica percibida, así como en el análisis de casos de estudio sobre confort térmico en interiores tales como: Temperatura del aire, velocidad del aire, radiación solar, humedad relativa y temperatura exterior de bulbo seco, entre otras.

En cuestiones de variables térmicas se seleccionaron los valores recomendados en el método Fanger, dado a ser un caso de estudio de simulación.

D. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos se compararán con un estudio realizado en la ciudad costera de Mérida Yucatán. Se consideró razonable dado a que sus condiciones climatológicas son muy similares entre sí.

IV. Resultados y discusión

La evaluación de la sensación térmica percibida fue con base en la percepción del ambiente térmico conforme a ISO 7730 y a las normas de ASHRAE 55. Se analizaron:

A) Plano Arquitectónico.
B) Temperatura de confort térmico.
C) Humedad relativa al interior.

A. Plano Arquitectónico

Los planos fueron proporcionados por la Arquitecta antes mencionada. A continuación, se muestra el plano prototipo de la vivienda analizada en el modelo (Figura 2).

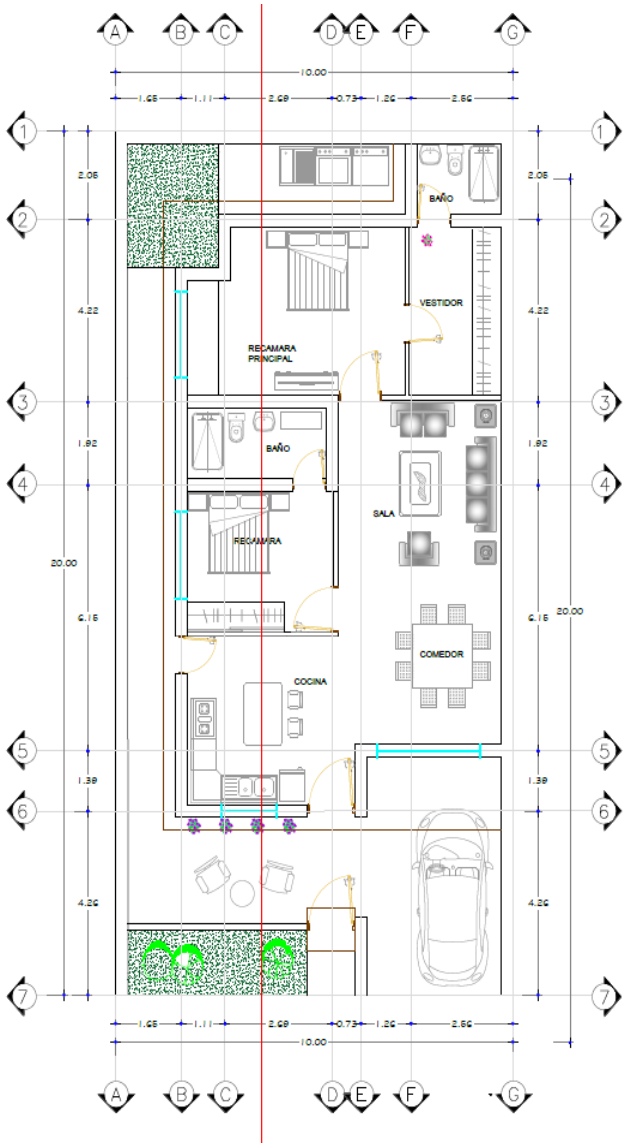


Figura 2. Plano arquitectónico correspondiente al diseño residencial de la vivienda.

B. Temperatura de confort térmico

Como lo establece la norma ISO 7730 las temperaturas de confort térmico son varían según la temperatura y humedad relativa, oscilando entre los 25 y 30 °C, esto debido en su mayor medida a la velocidad del viento.

Los resultados de la modelación en OpenStudio fueron los siguientes relacionados a la temperatura promedio al interior de la vivienda (Tabla 1).

Tabla 1. Cuadro de Temperatura media anual percibida en las diferentes zonas térmicas.

Zona	Temperatura media (°C)
Zona térmica 1	24.5
Zona térmica 2	24.9
Zona térmica 3	25.1
Zona térmica 4	24.8
Zona térmica 5	24.5
Zona térmica 6	24.4

La simulación arrojo datos anuales de tendencia climática que se logran observar en la Figura 3.

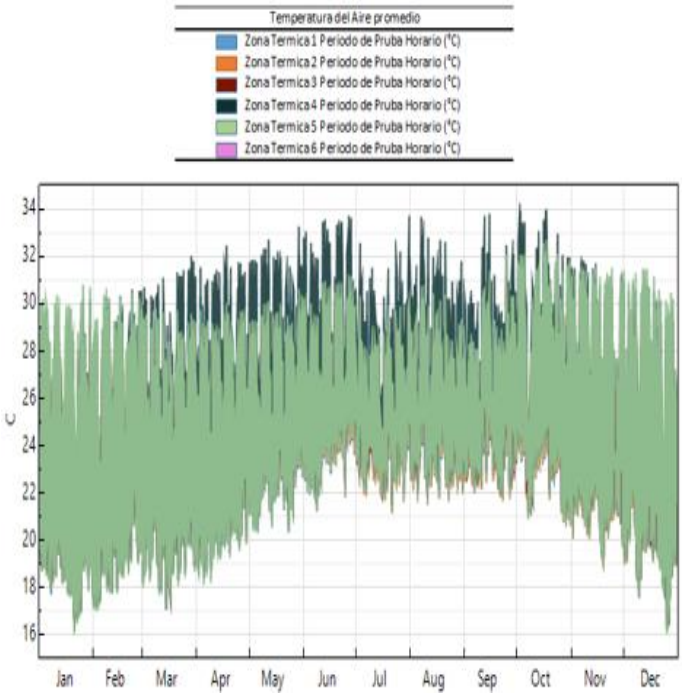


Figura 3. Espectro de lecturas de Temperatura anual. Se aprecian temperaturas máximas de hasta 34 °C y mínimas de 16 °C. La temperatura media anual al interior de la vivienda oscila en los 24.7 °C.

Para una correcta caracterización de los resultados obtenidos mediante el motor energético de EnergyPlus® se tomaron las lecturas correspondientes a la semana del 7 de agosto al 14 de agosto, ya que en este periodo se logró observar las condiciones más desfavorables en la simulación (Figura 4).

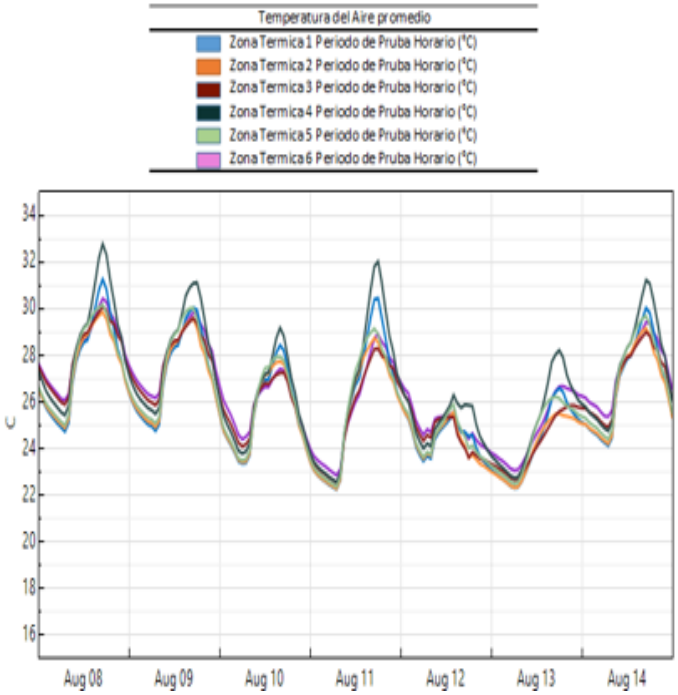


Figura 4. Temperaturas medias en la semana del 7 al 14 de agosto.

Como se logra apreciar existe una varianza elevada obteniendo picos máximos de temperatura de hasta 33 °C mientras que la mínima fue de 23 °C, contrastando con los 24.7 °C de media que se tienen anualmente.

C. Humedad relativa

Por el lado de la humedad relativa se logró observar una ganancia de confort térmico dado a que la humedad relativa de la zona ronda al 100% de manera natural, una vez realizada la simulación y con el modelo propuesto se lograron las siguientes humedades al interior de la vivienda (Tabla 2).

Tabla 2. Humedad relativa medida al interior de la vivienda.

Zona	Humedad relativa media (%)
Zona térmica 1	77.90
Zona térmica 2	76.20
Zona térmica 3	74.70
Zona térmica 4	74.30
Zona térmica 5	78.00
Zona térmica 6	77.10

De igual manera se realizó el mismo cálculo de la humedad relativa en la semana del mes de agosto comprendida del 7 al 14 de agosto, logrando los resultados mostrados en la Figura 5.

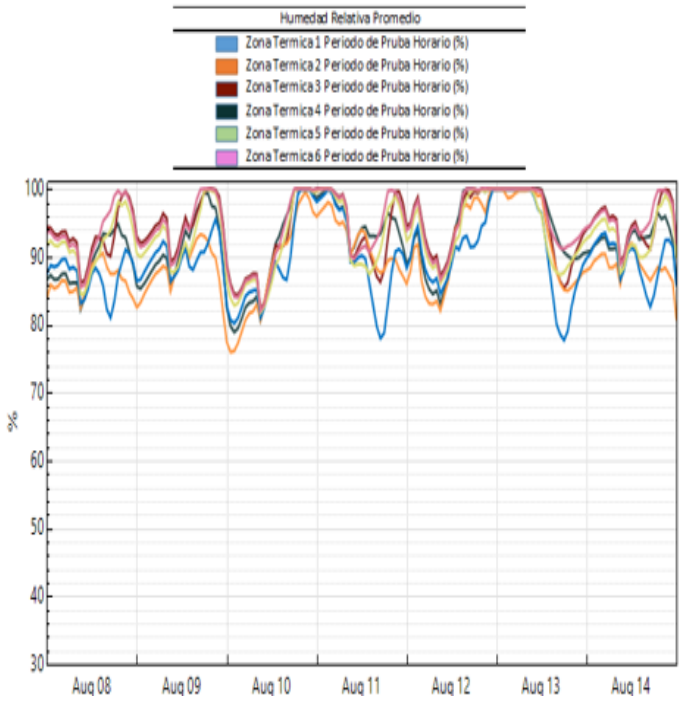


Figura 5. Humedad relativa a interior de la vivienda en la semana del 7 al 14 de agosto.

Como se logra apreciar en la gráfica se puede lograr ver que en ciertos días no se logró hacer que descendiera la humedad al interior rondando a valores del 100% mientras que en algunos días se logró bajar hasta el 75% de la humedad relativa, esto se puede atribuir a si cercanía al mar y a las altas temperaturas presentes en el ambiente.

Se realizó una prueba de cumplimiento con la norma ASHRAE 55 mediante un plug-in incluido en el mismo software, donde el siguiente resultado (Figura 6).

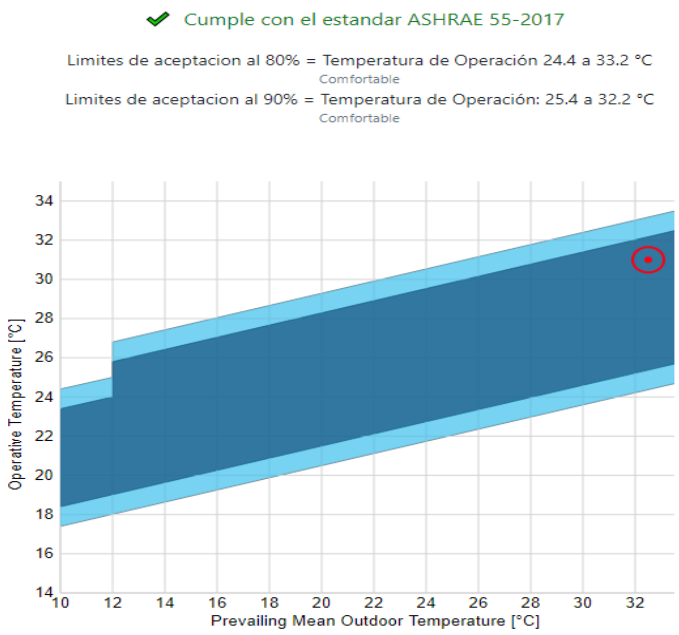


Figura 6. Cumplimiento de la norma ASHRAE 55 en los límites de 80 y 90% de capacidad total de la vivienda. Los parámetros tomados fueron los siguientes; Temperatura del aire: 28 °C, Temperatura radiante media = 34 °C y velocidad del viento = 0.9 m/s.

Los resultados obtenidos se contrastaron con la investigación realizada en Mérida, Yucatán, por García-Gomes (2005), donde en condiciones medio ambientales similares se logró una ganancia máxima de 6 °C y un promedio de 3 °C. En este caso de estudio se logró una ganancia térmica máxima de 6°C con respecto a la temperatura registrada el día 11 de agosto (Temperatura registrada de 38 °C) logrando así situar la temperatura en el rango de confort térmico según el método de Fanger para las condiciones climáticas anteriormente descritas.

V. Conclusiones

En conclusión, es factible el uso de poliestireno expandido como aditivo al cemento hidráulico para su uso en casas residenciales, logrando obtener ganancias térmicas que a su vez se transforman en ganancias energéticas dado a la disminución del uso de sistemas de aire acondicionado. De igual forma se puede concluir que, a pesar del cumplimiento de la norma ASHRAE 55 con los parámetros antes mencionados, no se logró la disminución de temperatura al rango de confort térmico típico en condiciones normales (24 – 26 °C) por lo que es posible realizar futuras investigaciones con otros tipos de materiales como aditivo.

Referencias

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (2017). Thermal environmental conditions for human occupancy. *ANSI/ASHRAE Standard 55-2017*, 1–66.

Barbuta, M., Bucur, R., Serbanoiu, A. A., Scutarasu, S., & Burlacu, A. (2017). Combined Effect of Fly Ash and Fibers on Properties of Cement Concrete. *Procedia Engineering*, *181*, 280–284. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.390

Camuffo, D. (2019). Temperature: A Key Variable in Conservation and Thermal Comfort. *Microclimate for Cultural Heritage*, 15–42. https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64106-9.00002-x

Chen, M., Li, Q., & Zhang, P. (2020). Experimental investigation of high temperature thermal contact resistance of thin disk samples using infrared camera in vacuum condition. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *157*, 119749. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119749

Diego-Mas, J. A. (2015). *Método Fanger - Evaluación de la sensación térmica*. Universidad Politecnica de Valencia. https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php

Dixit, A., Pang, S. D., Kang, S.-H., & Moon, J. (2019). Lightweight structural cement composites with expanded polystyrene (EPS) for enhanced thermal insulation. *Cement and Concrete Composites*, *102*, 185–197. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946518307492

Garcia Gomez, C., Bojórquez Morales, G., & Ruiz Torres, P. (2011). Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido, para clima cálido húmedo. *Ambiente Construído*, *11*(4), 099–111. https://doi.org/10.1590/s1678-86212011000400008

Oke, A. E., Aigbavboa, C. O., & Semenya, K. (2017). Energy Savings and Sustainable Construction:

Examining the Advantages of Nanotechnology. *Energy Procedia*, *142*, 3839–3843. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.285

Pintea, A. O., & Manea, D. L. (2019). New types of mortars obtained by aditiving traditional mortars with natural polymers to increase physico-mechanical performances. *Procedia Manufacturing*, *32*, 201–207. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.203

Rogontino, F., López, J., Martínez, E., & Scola, S. (2017). Evaluation of expanded polystyrene with cement mortar covering under fire exposition. En *Revista Ingeniería UC* (Vol. 24, Número 1).

Sassine, E., Cherif, Y., Dgheim, J., & Antczak, E. (2020). Experimental and Numerical Thermal Assessment of EPS Concrete Hollow Blocks in Lebanon. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *32*(8). https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003335

Tiwari, N., Satyam, N., & Kumar Shukla, S. (2020). An experimental study on micro-structural and geotechnical characteristics of expansive clay mixed with EPS granules. *Soils and Foundations*, *60*(3), 705–713. https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.03.012

Xu, R., He, T., Da, Y., Liu, Y., Li, J., & Chen, C. (2019). Utilizing wood fiber produced with wood waste to reinforce autoclaved aerated concrete. *Construction and Building Materials*, *208*, 242–249. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.030

Alternativas constructivas para reducir daños en presas

Miguel Ángel Sánchez-Quijano[1], Alfonso Gutiérrez-López[2]

Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones del Agua, CIAQ Universidad Autónoma de Querétaro

Autor de correspondencia: miguel.halo199611@gmail.com

Resumen

En presas de material granular, existe el riesgo de inundación que surge a causa de falla en la estructura debido a la ruptura de la cortina por brecha. Por lo consiguiente, se considera minimizar los tirantes mediante el uso de alternativas constructivas aguas arriba. Para comprobar la eficiencia técnica de la estructura, se compararon siete alternativas contra un modelo de control, midiendo los tirantes aguas abajo por sensores ultrasónicos y su geometría mediante un vernier. El uso de la metodología ANOVA permite conocer las diferencias o similitudes significativas entre los tirantes aguas abajo formados por la falla y reducir el sesgo de alternativas posibles. Se logro categorizar las obras Y3 y Y8 como mejores entre las siete realizadas teniendo reducción en los tirantes de agua y geometría.

Abstract

In dams of granular material, there is a risk of flooding that arises due to failure in the structure due to the rupture of the curtain by breach. Therefore, it is considered to minimize tie rods by using upstream construction alternatives. To check the technical efficiency of the structures, seven alternatives were compared against a control model, measuring the downstream ties by ultrasonic sensors and their geometry by means of a vernier. The use of the ANOVA methodology allows to know the significant differences or similarities between the downstream ties formed by the fault and to reduce the bias of possible alternatives. Building Y3 and Y8 were classified as the best among the seven carried out taking into account the reduction in water depth and geometry.

Palabras clave: presa, ruptura, modelación, ANOVA

Introducción

México es de los pocos países en el mundo que cuenta con una normativa sobre seguridad de presas. Esto demuestra el interés de la comunidad científica y de ingeniería por las grandes obras hidráulicas de protección. Basta ver lo sucedido hace algunos días en nuestro país; cómo las descargas de la presa Peñitas que inundó parte de la ciudad de Villahermosa, en el sureste de México. Se sabe que el conocimiento del riesgo de desastres es uno de los componentes básicos para el desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza. La magnitud y frecuencia de los desastres de origen multi-amenaza va en aumento, los centros urbanos son cada vez más vulnerables, debido a la rápida urbanización; lo que aumenta el riesgo de desastres y las pérdidas económicas. Ante este aumento de la vulnerabilidad metropolitana, es necesaria la construcción de obras hidráulicas urbanas; las cuales a su vez están sometidas más frecuentemente a riesgos y eventos extremos. Es aquí en donde la construcción de presas de control ante inundaciones, son obras de ingeniería prioritarias para el bienestar de la población.

Se debe tomar en cuenta que las presas juegan un papel importante en la infraestructura hídrica de

México y el mundo; entre otras razones, la inducción de una gran cantidad de inversión financiera, de recursos naturales y humanos es propicio para el desarrollo económico de una determinada región o país. En este sentido, se dice que el 58% de las presas en México tienen cortina montada con materiales granulares. (Arreguín-Cortés, 2013).

En las últimas décadas, muchos investigadores han intentado determinar la causa de la ruptura de la presa, como desbordes, deslizamientos de tierra, terremotos, lluvias intensas, altas avenidas de caudales, cavitación, etc. (Hooshyaripor et al., 2017; Liu et al., 2018; WU et al., 2016; Yusuf & Micovic, 2020), de los cuales la mayoría utiliza modelos experimentales a escala para evaluar posibles fallas de estructuras existentes (Hamid et al., 2018).

Otros estudios indicas que existen numerosos factores que influyen en las consecuencias de riesgo de la rotura de la presa. El sistema de índices científicos y razonables y su distribución de peso son algunos de los elementos clave para una evaluación integral del riesgo de rotura de presas. Se menciona que se presentan 20 factores de riesgo que pueden ocasionar una falla entre estas, la intensidad de flujo y la capacidad de almacenamiento y sí ambo llegan al límite puede ocasionar la presencia de tirantes aguas abajo que ponen en riego a la población debido a inundaciones y arrastres de sedimentos (Li et al., 2018).

El uso de ANOVA para estudio de presa no es algo nuevo pues es un método estadístico que lleva años de existencia, y se puede demuestras que se ha usado para estudios enfocados en condiciones extremas (Derschum et al., 2018), contaminación (Pérez-Coyotl et al., 2019), comportamiento de flujo en ríos (Al-Madhhachi et al., 2020). Sin embargo, en los últimos años no se presenta el uso para analizar obras destinas a la reducción de afectaciones en caso que se presente una ruptura de una cortina de presa de material granular.

Es importante establecer, desde un principio una metodología el cual permita conocer en comportamiento del fenómeno, por lo que el uso de un canal móvil y una presa en tamaño a escala se puede obtener y cuantificar múltiples variables que permitan tener una relación significativa con el evento (tirantes, gasto, apertura, profundidad, arrastre de sedimentos, etc.).

Gracias a los métodos a los estadísticos, y herramientas de análisis de medias, se puede clasificar y determinar si existe alguna diferencia entre los datos recabados entre los distintos tratamientos (Distintas obras de contención), de tal forma de que se puede tener un criterio de selección de la más óptima para la reducción de afectaciones y riesgos dentro de las obras modeladas.

Modelo experimental y teoría

El experimento se desarrolló basándose de Sánchez Quijano et al., 2018 en el laboratorio de hidráulica en la Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, con apoyo de un canal de fondo móvil a base de acrílico de 4.00 m de largo, 0.61 m de ancho y 0.15 m de alto, con una pendiente de 0.1% (Figura 1). Potenciado con una bomba de agua que posee un gasto de 0 a 7 lts/s. No obstante, se controló el flujo a una medida estándar entre todas las pruebas de 1 Lt/s equivalente por escala a 100 m^3/s en escala real.

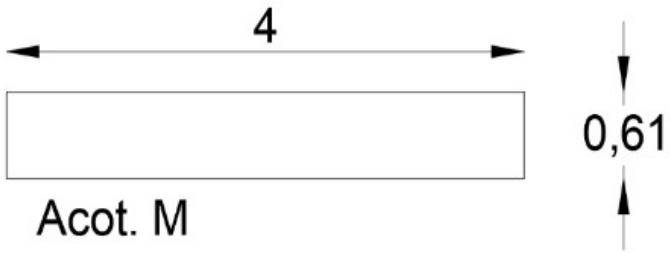


Figura 1.- Sección vista en planta del canal de fondo móvil

Se ensamblaron ocho elementos idénticos (Figura 2), A siete de los modelos se les colocó muros distintos de contención alrededor del abanico que se forma cuando la brecha se rompe, Mientras que, en el primer caso que fungió como elemento de control, no se le aplicó estructura adicional alguna con el fin de poder observar el comportamiento de la ruptura sin protección, además de ser la base para la comparativa de los tirantes.

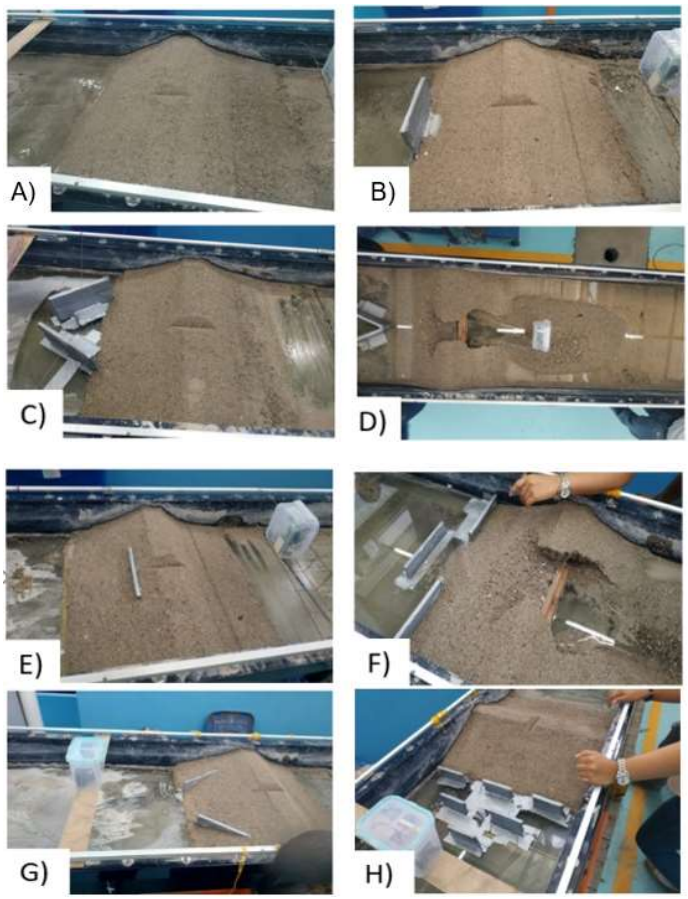


Figura 2.- A) Elemento de control (Y1), B) Obra Hidráulica 1 (Y2), C) Obra Hidráulica 2 (Y3), D) Obra Hidráulica 3 (Y4), E) Obra Hidráulica 4 (Y5), F) Obra Hidráulica 5 (Y6), G) Obra Hidráulica 6 (Y7), H) Obra Hidráulica 7 (Y8)

Obtención de datos

Para obtener datos necesarios para el uso de modelo ANOVA se requiere el uso hardware ARDUINO que permiten el análisis de los tirantes aguas abajo lo cuales miden la altura a milímetros mediante sensores de ultrasonido a cada segundo (Figura 3). La geometría post-ruptura se midió con un vernier, cuidando de no alterar la prueba, tomando en cuenta el ancho del arco y la profundidad del canal

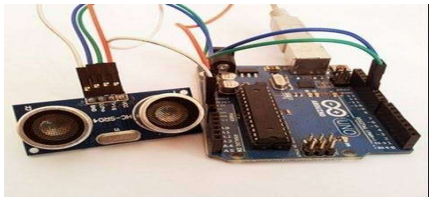


Figura 3.- ARDUINO con sensor ultrasónico conectado vía USB a un equipo de cómputo

Calidad de los datos

Para no sufrir de errores experimentales y tener una confiabilidad justa:

- El evento generado en el elemento de control, así como de las propuestas de obras tuvieron distintos tiempos de comportamientos.
- Los eventos tuvieron factores controles tales como gasto, forma de la presa y tipo de material de tal manera que los niveles que se vayan a obtener tengan el menor ruido experimental y ambiental.
- Los sensores se colocaron en distancias iguales para cada uno de los modelos experimentados.
- El suelo utilizado para cada uno de los modelos se toma de una muestra general, con el hecho de que mantenga las misas propiedades geotecnias.

Análisis de varianza para comparar múltiples medias (ANOVA)

Para la comparativa entre el elemento de control y la obra propuesta se requiere del manejo del método una factorial con dos niveles generando los siguientes supuestos

- La variable de respuesta corresponde a cada uno de los tratamientos tiene medias distintas
- No existe error experimental o es casi nulo

Media del Nivel o tratamiento

$$\bar{y}_{1\cdot} = \frac{\sum_{j=1}^{ni} y_{ij}}{ni}$$

Desviación estándar del tratamiento i

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{ni}(y_{ij} - \bar{y}_{1\cdot})}{ni - 1}}, \quad i = 1,2,\dots,k$$

Promedio Total:

$$\bar{y}_{\cdot\cdot} = \frac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{ni} y_{ij}}{\sum_{i=1}^{k} ni}$$

Análisis de varianza unifactorial.

Es el análisis de las diferencias entre medias de los distintos niveles

Donde K niveles o tratamientos (K>2)

$$Ho = \mu 1 = \mu 1 = \mu 1 = \cdots = \mu K$$

$$Ha = \mu 1 \neq \mu 1'$$

Al menos 2 niveles (tratamientos son diferentes entre sí y existe un incremento o decremento en el valor de las variables de respuesta por efecto del nivel

$$\widehat{d\imath} = (\bar{y}_{1\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})$$

Cuadro Medio los tratamientos

$$CMtrat = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_i \ \widehat{d\imath}^2}{K-1} = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_i \ (\bar{y}_{1\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2}{K-1}$$

Cuadro Medio del error

$$CMerror = \frac{\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)\, Si^2}{\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)} = Sp^2$$

El tratamiento con el error experimental y se desea que sea pequeña

$$\frac{CMtrat}{CMerror}$$

Análisis de varianza bifactorial.

Supongamos que hay a niveles para el factor A y b niveles del factor B, cada réplica del experimento contiene todas las posibles combinaciones de tratamientos, es decir contiene los ab tratamientos posibles. (Montgomery, 2004)

A partir de la ecuación básica del ANOVA se pueden construir los cuadrados medios definidos como:

- Cuadrado medio total:

$$CMT \ = \ (SCT) \ /(n \ - \ 1)$$

- Cuadrado medio de A:

$$CMA \ = \ (SCA) \ /(a \ - \ 1)$$

- Cuadrado medio de B:

$$CMB \ = \ (SCB) \ /(b \ - \ 1)$$

- Cuadrado medio de la interacción AxB:

$$CM(AB) = \frac{\big(SC(AB)\big)}{(a \ - \ 1)(b \ - \ 1)}$$

- Cuadrado medio residual:

$$CMR \ = \ (SCR) \ / \ (ab(r \ - \ 1))$$

Tabla 1.- Tabla ANOVA para el modelo bifactorial con replicación

FV	*GL*	*SC*	*CM*	*FC*
A	$a-1$	$nb\sum_{i=1}^{a}(\overline{Y_{i\cdot\cdot}} - \overline{Y}_{\cdot\cdot\cdot})^2$	SCA/GL(A)	CMA/CMR
B	$b-1$	$na\sum_{i=1}^{a}(\overline{Y_{\cdot j\cdot}} - \overline{Y}_{\cdot\cdot\cdot})^2$	SCB/GL(B)	CMB/CMR
A X B	$(a-1)(b-1)$	$n\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\overline{Y_{ij\cdot}} - \overline{Y_{i\cdot\cdot}} - \overline{Y_{\cdot j\cdot}} + \overline{Y}_{\cdot\cdot\cdot})^2$	SCAB/GL(AB)	CMAB/CMR
Resi.	$ab(n-1)$	$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{l=1}^{n}(Y_{ijl} - \overline{Y_{ij\cdot}})^2$	SCE/GL(E)	
Total	$abn-1$	$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{l=1}^{n}(Y_{ijl} - \overline{Y}_{\cdot\cdot\cdot})^2$		

Teniendo en cuenta que FV: Factor de estudio; GL: Grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadro Medio; FC: F de Fisher Calculado.

Análisis de medias entre niveles.

Una vez realizada la comparación entre múltiples tratamientos y demostrado con F de Fisher, existe diferencia entre las medias y el elemento de control. Y si es así, como cuales niveles son diferentes. (Montgomery, 2004) Para ello se debe de concluir que:

- **Error Tipo I=** Si son diferentes cuando no lo son.
- **Error Tipo II=** No son diferentes cuando si lo son

Para obtener de que comenta el tipo I de error se tiene que

$$\propto (Fc) = 1 - \left(1 - \propto (Pc)\right)^{c}$$

Donde $\propto (Pc)$= Probabilidad de que cometas el error tipo I en una comparación; C= número de comparación independiente**;** $\propto (Fc)$= Probabilidad de cometer el error Tipo I de grupal (En Familia)

Prueba de Tukey-Kramer

Dado que F Fisher solo determina si existe o no hipótesis nula entre los números de tratamientos, se debe realizar medidas por las cuales se puede comparar una por una las medias de los niveles, de forma que se pueda obtener como resultado si existe diferencias entre esta y para ello se recurre por la metodología de Tukey-Kramer (Montgomery, 2004):

$$T = \frac{q(K, Gl(error), \propto)}{\sqrt{2}} \sqrt{Cerror\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

Donde, T= Variación de la diferencia de las medias; q= Valor de generado para cierto grado de confianza, grados de libertad del error, y números de tratamientos; K= Numero de tratamientos; Gl= Grados de libertad del error; $n_{i,j}$ = Número de datos; $Cerror$ = Cuadro medio del error

Prueba de Dunnett

Este método se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para las diferencias entre la media de cada nivel de factor y la media de un grupo de control, para este caso en particula muesta media de control es la presa (Y1). Si un intervalo contiene el cero, no hay diferencia significativa entre las dos medias que están comparándose. Este especifica que una tasa de error por familia para todas las comparaciones, y el método de Dunnett determina los niveles de confianza para cada comparación individual según corresponda. (Montgomery, 2004)

Para Dunnett se denota una variación de diferencias de medias por el signo D como

$$D = d(K-1, f, \propto) \sqrt{CMerror\left(\frac{1}{n_0} + \frac{1}{n_i}\right)}$$

$d(K-1, f, \propto)$=cuantil de la distribución; K= numero de tratamientos; f= Gl del error; $\propto$= Valor de significancia. Donde se generan intervalos de confianza

Resultados

Análisis unifactorial

Como resultado experimental se tiene un total de ocho tratamientos (Yi), incluyendo al modelo de control sin obra hidráulica (Y1), considerando todo el evento total generado (Figura 4). Se puede realizar las operaciones establecidas mediante el modelo estadístico de ANOVA unifactorial tomando en cuenta únicamente como variable de entrada a los tirantes aguas abajo de la presa.

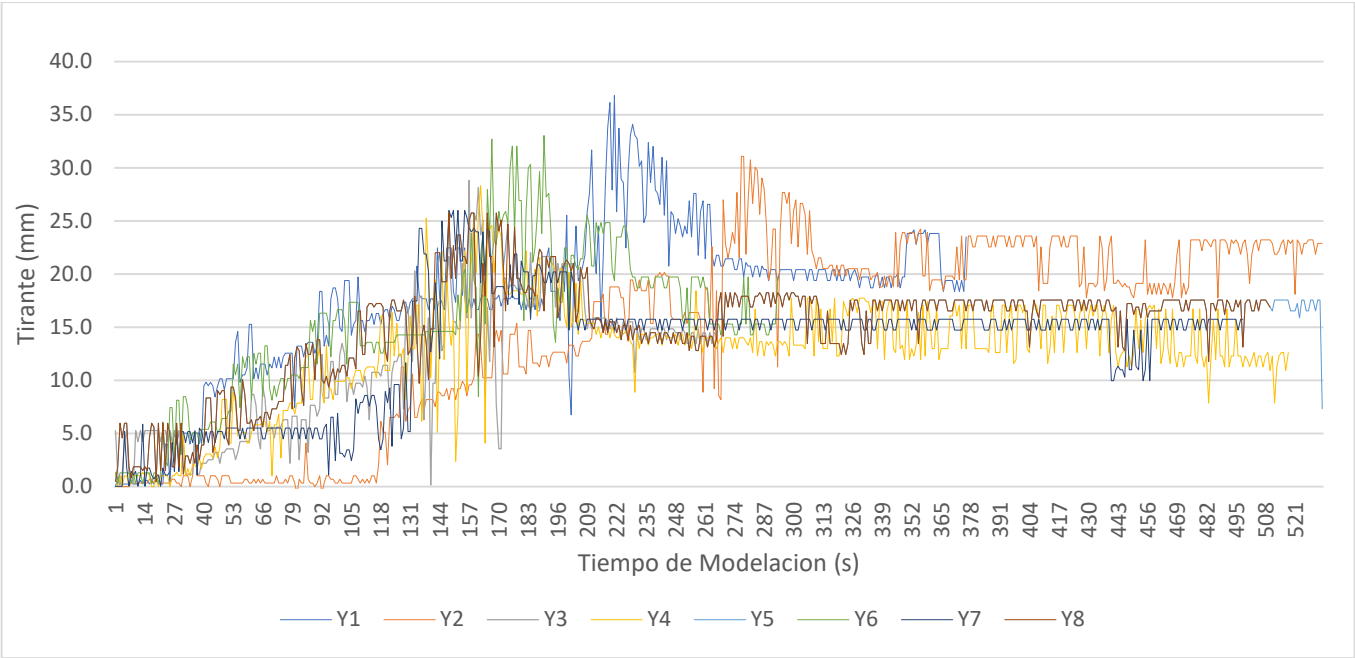


Figura 4.- Efecto de los tirantes aguas abajo de los distintos tratamientos.

Si se observar la Tabla 2 del análisis unifactorial, se afirma que existe diferencia significativa entre las medias de los tirantes aguas abajo por lo que se tiene como rechazo la hipótesis nula e indica que los tirantes varían cuando se tiene una infraestructura aguas arriba, lo que permite realizar el análisis comparativo entre cada uno de las medias mediante el modelo de Tukey-Kramer con el fin de conocer cuáles de todas las obras sufre un más sesgo con respecto al elemento de control, la cual puede ser considerada como una posible acercamiento a los resultados esperados.

Tabla 2.- ANOVA unifactorial de los tirantes aguas abajo debido a falla de la presa.

FV	Gl	SC	CM	FC	Ft
Tratamientos	7	8806.75	1258.1	30.7	2.00
Error	3552	145654.5	41.0		
Total	3559	154461.2			

Prueba de Tukey-Kramer para modelo unifactorial

Sea k el número total de tratamientos (obras hidráulicas) cuyo factor es el tirante aguas abajo, teniendo en cuenta se planea conocer si existe diferencias entre los datos obtenidos. Lo cual podemos

Tabla 3.- Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% (Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes)

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACIÓN			
Y1	376	17.466	A			
Y2	566	15.175		B		
Y6	293	15.018		B		
Y5	533	14.937		B		
Y8	510	14.841		B		
Y7	498	13.200			C	
Y4	518	12.767			C	D
Y3	266	11.353				D

Si tomamos en cuenta los resultados generados y utilizando las comparativas con solamente el elemento de control Y1, se puede considera que todos los modelos tuvieron medias significativamente diferentes. Sin embargo, el elemento Y3 posee una diferencia mayor entre los demás tratamientos. Por lo tanto, se puede proponer como un primer punto de partida como la que genero un efecto distinto entra las demás obras.

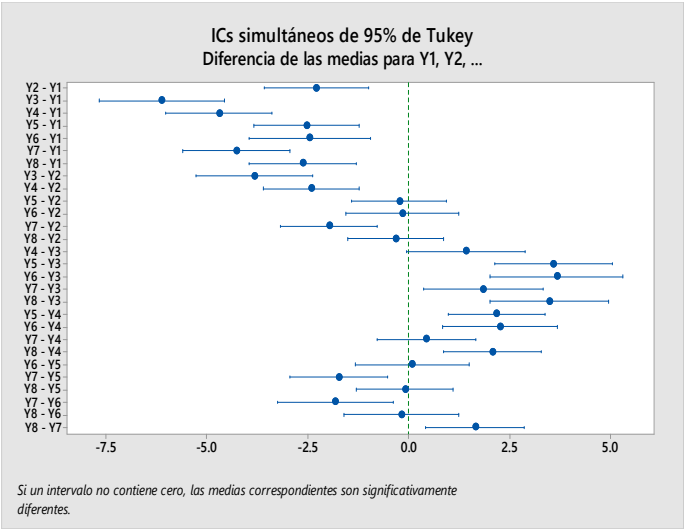


Figura 5.- Gráfica de intervalos de comparativa entre medias por medio de Tukey-Kramer

Prueba de Dunnett para modelo unifactorial

Para la prueba de Dunnett de toma con base al elemento de control Y1 para considera si existe diferencia significativa con los demás tratamientos Yi, teniendo en cuenta las demás pruebas poseen una estructura aguas arriba que reduce el efecto generado de la ruptura de la presa, lo que da resultado a la Tabla 4.

Tabla 4.- Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95% (Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes)

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
Y1 (CONTROL)	376	17.466	A
Y2	566	15.175	
Y6	293	15.018	
Y5	533	14.937	
Y8	510	14.841	
Y7	498	13.200	
Y4	518	12.767	
Y3	266	11.353	

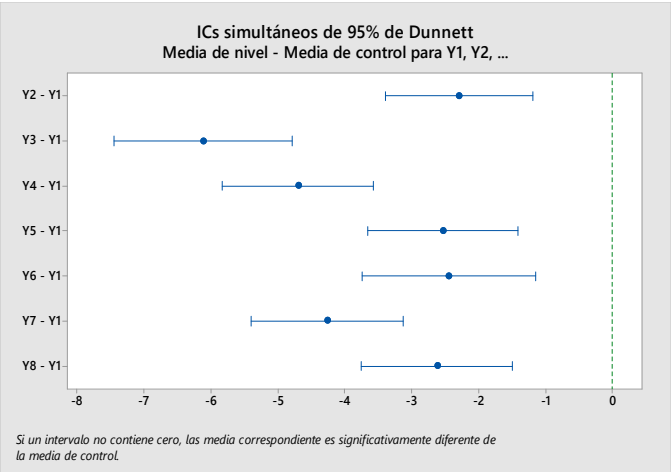


Figura 6.- Gráfica de comparación de medias con respeto al modelo de control

Desde un principio ya se puede apreciar que al igual que en la anterior prueba Tukey-Kramer, en esta existe datos refutables que el elemento de control es diferente con respecto a los demás tratamientos, dado que ningun modelo se agrupo con el del control. No obstante, el tratamiento (Y3) tiene una diferencia mayor en la media entre los resultados como se aprecia en la

Figura 6.

Análisis con dos factores (Ancho de Arco, Profundidad)

Se tiende a analizar si existe diferencia significativa entre los efectos causado en la ruptura de la brecha, Comparando las medias del Ancho del arco y la profundad de cada una de las obras, este se realizó mediante el manejo de una ANOVA multifactorial de grado 2, teniendo en cuenta que se realizó dos repeticiones por cada tratamiento y nivel, dando como resultado 32 pruebas en total.

Tabla 5.- Datos de modelación.

Estructuras	*Y1*	*Y2*	*Y3*	*Y4*	*Y5*	*Y6*	*Y7*	*Y8*
ANCHO ARC.	7.65	6.6	6.8	7.4	6.42	5.3	6.8	4.22
	7.45	6.8	6.2	7.2	6.34	5.6	6.1	4.9
PROFUN.	5.1	7.1	6.6	6.4	5.8	5.5	8.4	7.32
	5	7	7	6.3	5.8	5.3	7.2	6.3

Como se denota en los datos obtenidos en la ANOVA mostrado en la Tabla 6, se tiene claro que para ambas variables no existe diferencia significativa debido a que FC tiene un valor de 0.03 comparada con las de tablas de 4.495, y al no

supéralo se acepta la hipótesis nula dando como finalizado el procedimiento y no se pude realizar comparativa entre medias. Aunque se puede afirmar que para los tratamientos si existe una diferencia significativa y se realizó el método de Dunnet para los datos de ANCHO ARC, dado a que se ve un cambio significativo en el Y8 con respecto a las demás pruebas con mayor importancia al modelo de control Y1 en esta variable, y para asegura la afirmación se debe realizar la comparativa

Tabla 6.- Análisis de Varianza ANOVA Bifactorial

FUENTE	GL	SC	MC.	R F	F T
VARIABLES	1	0.0036	0.00361	0.03	4.495
OBRAS	7	10.224	1.46057	11.03	2.657
VARIABLES*OBRAS	7	14.585	2.08361	15.73	2.657
ERROR	16	2.1196	0.13248		
TOTAL	31	26.932			

Prueba de Dunnett para modelo Bifactorial (Resultados)

Como se mención en la sección anterior, se desea comprender si existe una diferencia de medias entre los tratamientos en el factor de ANCHO ARC, dado que se ve una tendencia de que Y8 tiene diferencia muy significativa, además de tener valores del tratamiento menores al elemento base Y1.

Tabla 7.- Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95% (Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control)

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
Y1 (CONTROL)	2	7.550	A
Y4	2	7.300	A
Y2	2	6.700	A
Y3	2	6.500	
Y7	2	6.450	
Y5	2	6.3800	
Y6	2	5.450	
Y8	2	4.560	

Se observa que los resultados de los intervalos y de agrupación que tres de todas las estructuras tiene un comportamiento similar al elemento de control, esto es válido por estar en el mismo grupo A (Y1, Y4, Y2), dando como resulta que se acepta la hipótesis Sin embargo, en el caso Y8 si existe una diferencia significativa y separar significativamente del elemento de control (Figura 7), por lo que también puede ser una obra que ´pueda reducir las afectaciones por el fenómeno.

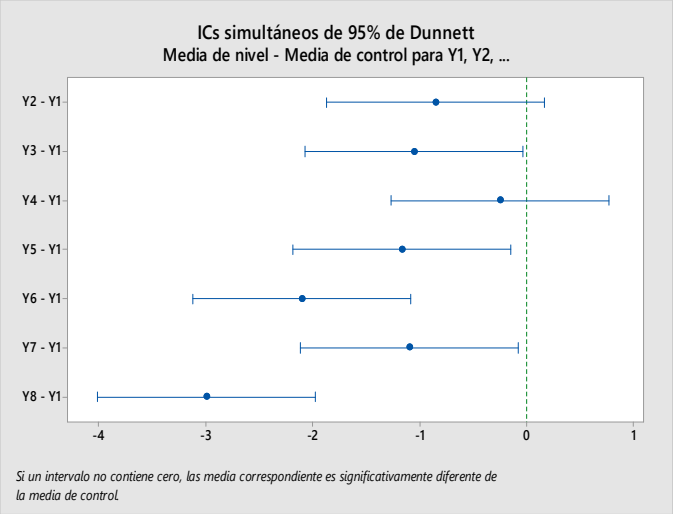


Figura 7.- Gráfica de comparación de medias con respeto al modelo de control (ANCHO ARC)

Discusión

Mediante el análisis unifactorial y bifactorial con varios niveles se obtiene que la hipótesis nula se rechaza en la mayoría de los casos y existe un comportamiento de variación de media entra cada uno de estos, lo que dicta que los daños o afectaciones generadas por un efecto de la ruptura de la presa se puede minimizarse, teniendo una confiabilidad del 5%. Sin embargo, También se puede confirmar que de las medias de las obras de construcción tienden a ser diferentes entre el elemento, por lo que se denota que si existe en todos los casos un cambio significativo en el comportamiento de los tirantes aguas abajo de la presa.

Gracias a las herramientas de puede tener una idea clara de los resultados para la reducción de daños debido a los efectos por la ruptura de una presa, puesto que se presentas diferencias significativas entre los tratamientos (Obras Hidráulicas) y ciertos factores de estudio.

Que se presente una reducción en medias de las variables estudiadas, no necesariamente quiere expresar que sea lo óptimo a construir para una presa con estas condiciones, pues en importante tomar en cuentas los factores económicos y constructos de las alternativas, así como otras pruebas hidráulicas.

Conclusión

Se concluye que los tratamientos Y3 y Y8 pueden ser obras que permitan una disminución en el efecto, el primero debido a la variación de los tirantes, y el segundo debido al cambio de los tamaños de ancho del arco de la brecha.

Sin embargo, se requiere de otros estudios que permitan validar este resultado, tales como un análisis multivariable, costos de obra, etc. Pero es una práctica para discretizar tipos de obras que tenga un cambio significativo en las variables.

Un punto importante es el hecho de que este modelo se encuentra en funcionamiento en el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de l Universidad autónoma de Querétaro. Este modelo permite reproducir condiciones de descarga, de caudales, de tipos de estructuras. Sin duda este modelo físico nos permite probar estructuras y mejorar la seguridad de nuestras obras hidráulicas que pueden causar daños a nuestras zonas urbanas.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló en el marco del XXVIII Verano de la Investigación Científica 2018 y del XXIII Verano de la Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico 2018. Por ello, los autores agradecen a la Academia Mexicana de Ciencias.

Referencia

Al-Madhhachi, A. S. T., Rahi, K. A., & Leabi, W. K. (2020). Hydrological impact of ilisu dam on Mosul Dam; the river Tigris. *Geosciences (Switzerland)*, *10*(4), 1–14. https://doi.org/10.3390/geosciences10040120

Arreguín-Cortés, F. I. (2013). Inventario Nacional de Presas y Embalses. *Tecnologia y ciencias del agua*, *IV*(4), 179–185. https://doi.org/978-99954-774-3-1

Derschum, C., Nistor, I., Stolle, J., & Goseberg, N. (2018). Debris impact under extreme hydrodynamic conditions part 1: Hydrodynamics and impact geometry. *Coastal Engineering*, *141*(August), 24–35. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2018.08.016

Hamid, H., Khan, M., Mehmood, M., & Ahmed, F. (2018). Experimental Modeling of Dam Break Flood Wave Depth Propagation on A Fixed Bed. *Technical Journal*, *23*(4), 1–4.

Hooshyaripor, F., Tahershamsi, A., & Razi, S. (2017). Dam break flood wave under different reservoir's capacities and lengths. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, *42*(9), 1557–1569. https://doi.org/10.1007/s12046-017-0693-x

Li, Z., Li, W., & Ge, W. (2018). Weight analysis of influencing factors of dam break risk consequences. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *18*(12), 3355–3362. https://doi.org/10.5194/nhess-18-3355-2018

Liu, L., Sun, J., Lin, B., & Lu, L. (2018). Building performance in dam-break flow–an experimental study. *Urban Water Journal*, *15*(3), 251–258. https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1433862

Montgomery, D. C. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. En GRUPO NORIEGA EDITORES (Ed.), *Matematica.* (Segunda Ed, Vol. 2). EDITORIAL LIMUSA, S.A. de C.V. http://www.elgeometra.com.ar/estadistica/LohrCENS.pdf

Pérez-Coyotl, I., Galar-Martínez, M., García-Medina, S., Gómez-Oliván, L. M., Gasca-Pérez, E., Martínez-Galero, E., Islas-Flores, H., Pérez-Pastén, B. R., Barceló, D., López de Alda, M., Pérez-Solsona, S., Serra-Roig, M. P., Montemurro, N., Peña-Herrera, J. M., &

Sánchez-Aceves, L. M. (2019). Polluted water from an urban reservoir (Madín dam, México) induces toxicity and oxidative stress in Cyprinus carpio embryos. *Environmental Pollution*, *251*, 510–521. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.095

Sánchez Quijano, M. A., Miguel Gónzalez, C., & Gutierrez-Lopéz, A. (2018). Modelación hidrológica de la rotura de presa utilizando el software IBER. *Revista NTHE*, *24*(ISSN: 2007-9079), 34–40.

WU, J. hua, QIAN, S. tuo, & MA, F. (2016). A new design of ski-jump-step spillway. *Journal of Hydrodynamics*, *28*(5), 914–917. https://doi.org/10.1016/S1001-6058(16)60692-3

Yusuf, F., & Micovic, Z. (2020). Prototype-Scale Investigation of Spillway Cavitation Damage and Numerical Modeling of Mitigation Options. *Journal of Hydraulic Engineering*, *146*(2), 04019057. https://doi.org/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001671

Diseño de piscina natural una mejora para la salud y bienestar social.

Autores: Sánchez Ríos Luisa Daniela[1], Sánchez Ríos María Fernanda[1]
[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería,
Cerro de las Campanas S/N, C.P.: 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. luisadaniela.sr.0406@gmail.com
Asesor: G.J. Ríos-Moreno[2]
[2]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Cerro de las Campanas S/N, C.P.: 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. riosg@uaq.mx

Resumen

La seguridad y calidad de las aguas de las piscinas se vuelve un tema cada vez más alarmante. En las últimas dos décadas ha habido un gran aumento en la cantidad de registros de enfermedades transmitidas en piscinas. Siendo el método de desinfección del agua el principal promotor, el tratamiento de desinfección a partir del cloro conduce a la indeseable formación de productos de desinfección (DBP). Muchos DBP se han caracterizado como posibles y probables carcinógenos humanos, provocando un gran aumento en la mortalidad por enfermedades infecciosas en todo el mundo. El objetivo de esta investigación es presentar un diseño de piscina natural que cuente con un sistema de filtración biológico, seguro y sostenible que detenga el desarrollo de los (DBP). Regulación, formación, exposición y tratamiento. Por medio de AutoCad, PhotoShop y SketchUp se realizó el diseño en formato digital de la piscina para facilitar la regulación, formación, exposición y aplicaciones a gran escala. El resultado obtenido es el diseño de sistema de filtración natural para piscina como mejora contribuyente al medio ambiente y a la salud, proporcionando direcciones potenciales para futuras investigaciones.

Palabras clave

Economía, Medio ambiente, Salud pública, Piscinas naturales.

Abstract

The safety and quality of swimming pool waters is becoming an increasingly alarming issue. In the last two decades there has been a large increase in the number of pool-borne disease registrations. With the water disinfection method being the main promoter, chlorine-based disinfection treatment leads to the undesirable formation of disinfection products (DBP). Many DBPs have been described as possible and probable human carcinogens, causing a large increase in mortality from infectious diseases worldwide. The objective of this research is to present a natural pool design that has a biological, safe and sustainable filtration system that stops the development of (DBP). Regulation, training, exposure and treatment. Using AutoCad, PhotoShop and SketchUp, the pool was designed in digital format to facilitate regulation, training, exposure and large-scale applications. The result obtained is the design of a natural filtration system for swimming pools as an improvement contributing to the environment and health, possible directions for future research.

Keywords

Economy, Environment, Public health. Natural swimming pool.

I. Introducción

La natación es considerada uno de los deportes más demandantes por sus múltiples beneficios, en sentido que estimula el desarrollo y fortalecimiento de la anatomía del ser humano. De la misma manera, es un deporte que puede ser practicado por personas de cualquier edad, lo que lo convierte en un deporte aún más pretendido, sin embargo, el agua de una piscina pública, o al menos la utilizada por un número relativamente grande de personas, es principal

vinculo de contagio de enfermedades, por lo tanto, se debe tener en cuenta utilizar una adecuada desinfección del agua de la piscina que a su vez no sea agresiva con el usuario o con el medio ambiente, Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, 2017). El uso de la mayoría de los desinfectantes está asociado con efectos adversos para la salud debido a la formación de subproductos de desinfección (DBP) irritantes o tóxicos (Tsamba et al., 2020). A la fecha, el cloro es el desinfectante más utilizado, por lo que la formación de sus subproductos y la exposición del nadador han sido ampliamente estudiado (Andersson et al., 2018; Font-Ribera et al., 2019), La implementación de la cloración del agua como técnica de tratamiento estándar provocó un gran aumento en la mortalidad por enfermedades infecciosas en todo el mundo American Chemistry council (ACC, 2018). Los DBP son el resultado de la reacción de los desinfectantes (cloro) con la materia orgánica natural como lo es la saliva, el cabello o el sudor y están presentes en el agua de la piscina y en fuentes residenciales como el agua potable, la ducha y el baño (Villanueva, 2015). Las concentraciones de DBP son significativamente más altas en el agua de las piscinas que en el agua potable (Carter et al., 2019), lo que se traduce en un aumento de citotoxicidad y genotoxicidad en el agua de la piscina en comparación con el agua del grifo (Manasfi et al., 2016). Esto viene de las altas dosis de cloro que se utilizan en piscinas, pero también de las mayores concentraciones de precursores en el agua, debido al aporte de los bañistas. Urea y amoniaco, que pueden ser los principales precursores de las cloraminas inorgánicas en piscinas (Gérardin et al., 2015), se liberan en la cuenca a través de la orina y el sudor. También se ha encontrado que los aminoácidos producen altas cantidades de DBP nitrogenados (How et al.,2018; Szabó et al., 2019). Los primeros estudios que investigaron la aparición de los (DPB) en piscinas se remontan a 1980 (Jiang-Hua Li et al, 2015). Desde entonces, se han realizado múltiples estudios para examinar la existencia de DBP en diferentes países (ACC, 2017). Después de 40 años, se han identificado más de 600 DBP, incluidos trihalometanos (THM) y ácidos haloacéticos (HAA), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado varios potencialmente cancerígenos para los seres humanos (grupo 2B) (Yang et al., 2018). Las primeras piscinas naturales aparecieron en Austria en la década de 1980; desde entonces hay un rápido aumento en el número, con más de 20.000 piscinas naturales ahora en Europa (CDC, 2018). En 1991 BioNova construyó la primera piscina natural para uso público, seguida de otra por Biotop en Unzmarkt (Estiria, Austria). En 1998 los austriacos Gerhard Brandlmeier y Rainer Grafinger de la empresa BioNova diseñó y construyó la primera piscina natural pública en Alemania utilizando un sistema de filtración natural. Las piscinas naturales se extienden por toda Europa: Suiza, Reino Unido, Francia, Italia, España, Bélgica, el Holanda, Hungría y República Checa (BioNova, 2016). En el verano de 2010 BioNova construyó la primera piscina natural pública en Suecia en la ciudad de Sigtuna concluyendo con éxito (BioNova, 2016). Las piscinas ecológicas son piscinas donde la desinfección no es requerida por productos químicos, como cloro o bromo, son piscinas con un sistema mecánico natural que simula el ciclo de la naturaleza para la depuración y filtración de las aguas, mediante por medio de tierras de diferentes granulometrías y diversas plantas. Este sistema se estabiliza con el tiempo microbiológico. Los componentes evolucionan en proporciones optimizadas, contribuyendo a la ventaja auto sostenible que este método de filtración proporciona, How do we achieve the maximum positive impact through design? (HCMA, 2016). El método de tratamiento utilizado en las piscinas naturales es un alternativa segura y sostenible al tratamiento mecánico y químico de uso común en la mayoría de las piscinas cubiertas y al aire libre en todo el mundo. (HCMA, 2016). Los sistemas de piscinas naturales se han aplicado con éxito al público y piscinas privadas de nueva construcción además de la conversión de instalaciones de piscinas tratadas químicamente. El sistema de filtración natural de la piscina se estabiliza con el tiempo a medida que los componentes biológicos evolucionan en proporciones optimizadas, lo que contribuye a la ventaja auto sostenible que proporciona este método de filtración (Max Van Zile, 2019). El objetivo de esta investigación es desarrollar un diseño de sistema de filtración que no favorezca el desarrollo de los DBP con el fin de facilitar sus aplicaciones a gran escala.

II. Consideraciones teóricas

El sistema de filtración utilizado en las piscinas naturales se basa una depuración natural en agua viva, por lo que requiere de ciertas determinaciones microbiológicas, como lo son los específicos valores límites que deben cumplir para considerar que se encuentran dentro de los lineamientos internacionales para proporcionar un ambiente seguro y propicio a los usuarios, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Límites permisibles de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el agua

Parámetros	Valores límite
Bacterias aerobias a 37°	Inferior a colonias/ml
Coliformes totales	10 /100
Coliformes fecales	Ausencia/100
Estreptococos fecales	Ausencia /100
Clostridios sulfitoreductores	Ausencia /100
Algas, larvas de artrópodos	Ausencia /1000
Salmonella sp	Ausencia /1000
Staphylococus aureus	Ausencia /100
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia /100

Recuperado de Recopilación normas microbiológicas y parámetros físico-químicos relacionados, enero 2019.

III. Metodología

Actualmente no se cuenta con un manual oficial en México para el desarrollo del diseño de piscinas naturales, por lo que se proponen los siguientes aspectos básicos a considerar para la elaboración del diseño.



Figura 1. Esquema de metodología propuesta.

a) Tamaño y forma de la piscina natural

Tanto la forma como el tamaño de la piscina natural, dependerán de las características de cada proyecto, siendo aconsejable contar con una superficie mínima de 20 a 25 m^2, de esta forma, se dispone de un buen nivel de oxígeno para el biofiltro y proporcionará un volumen de agua suficiente para que no existan grandes oscilaciones de temperatura que alterarían los procesos biológicos de la zona de filtración o regeneración del agua.
Se propone forma rectangular con medidas estándar de 7 metros de largo con 5 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad. Se trazan las líneas de diseño, figura 2.

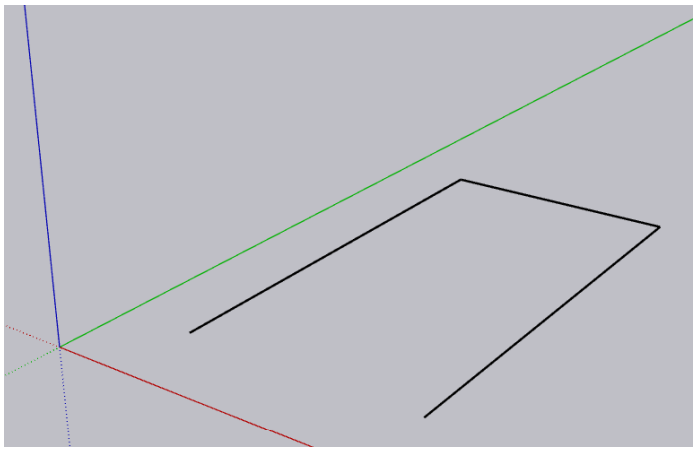


Figura 2. Trazado de línea con dimensiones propuestas.

Se crean los planos principales de la piscina natural con medidas 7 metros de largo 5 metros de ancho 1.5 metros de profundidad con espesor de muros limitantes de 25 cm y se genera el volumen de ellos como se detalla en figura 3 y 4.

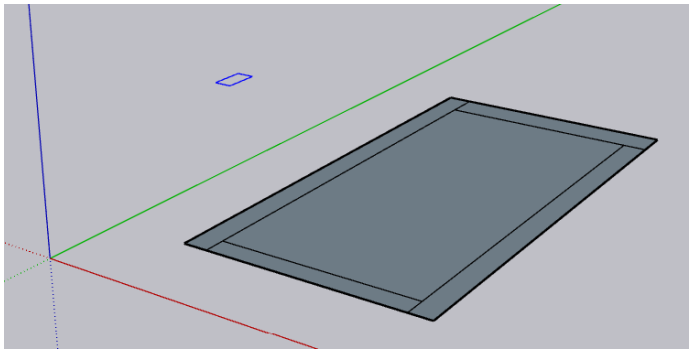


Figura 3. Planos principales de la piscina natural

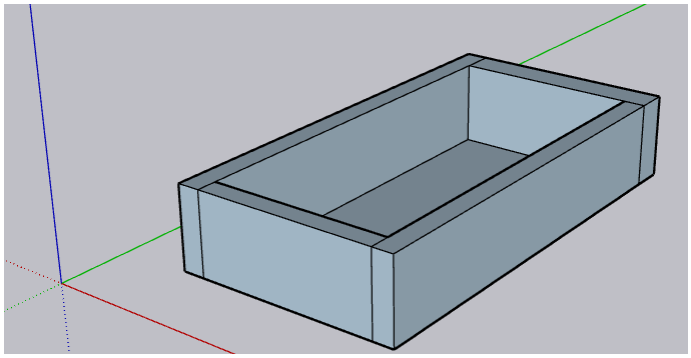


Figura 4. Volumen generado a partir de los planos principales de la piscina natural.

Se colocan texturas y bloques para renderizado, figura 5.

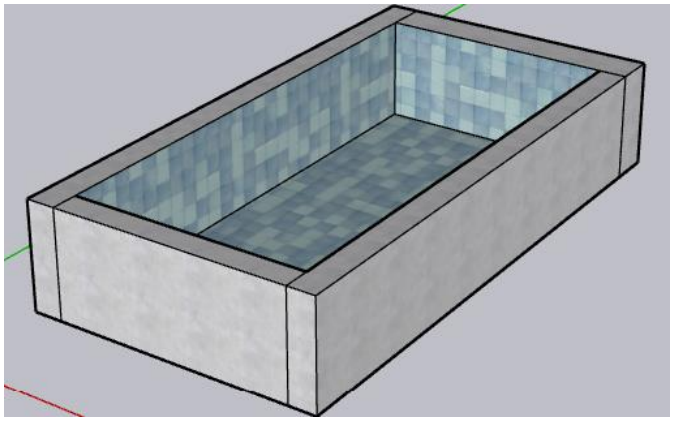


Figura 5. Texturas de la piscina natural.

Se coloca volumen de agua 52.5 m^3 para renderizado, figura 6.

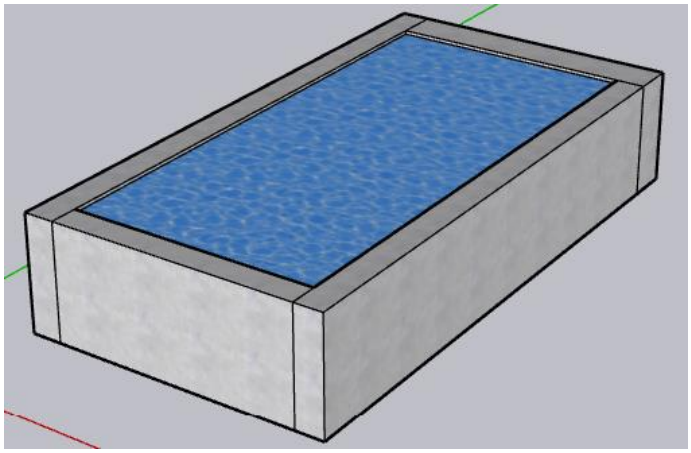


Figura 6. Volumen del agua para renderizado de piscina natural.

Finalmente, se renderiza y se realiza un corte trasversal para observar detalladamente la forma y tamaño de la piscina natural como se observa en la figura 7.

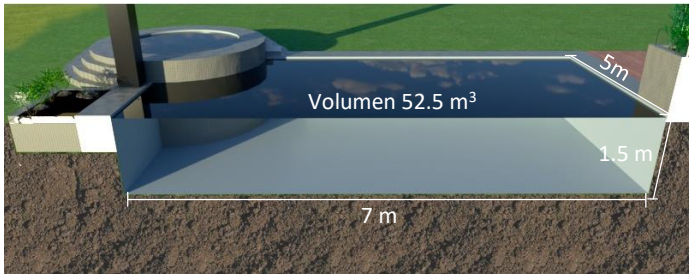


Figura 7. Propuesta de forma y tamaño de piscina natural.

b) Tipo de sistema de la piscina natural

De acuerdo con el grado de artificialización, se pueden identificar cinco tipos de sistemas, creados por la Asociación de Constructores de Piscinas Biológicas Austriaca VOS. 1.- El biotopo, 2.- Piscina natural con poca técnica, 3.- La piscina natural con equipo técnico**.** 4.- La piscina natural con mucha técnica. 5.- Piscinas Naturales altamente tecnificadas

Se propone un tipo de sistema 3 “Piscina natural con equipo técnico”, este sistema consta específicamente de 2 Skimmers y 1 bomba de circulación.
La bomba de circulación se coloca con la finalidad de hacer fluir el volumen total de agua, una sola ocasión cada 24 horas, se puede decir, que basta con que el agua circule de 3 a 6 horas, repartidas en cortos periodos a lo largo del día, la ubicación se muestra en la figura 8.

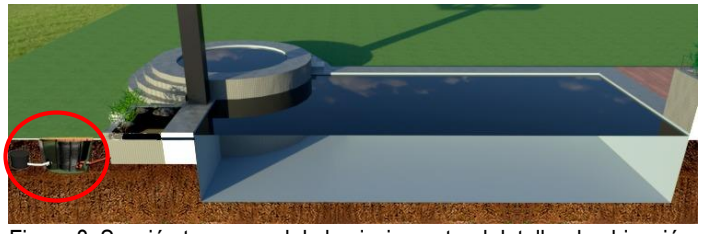


Figura 8. Sección transversal de la piscina natural detallando ubicación de bomba.

Se realiza diseño en Autocad del Skimmer con la función de eliminar cualquier hoja, flor o insecto flotante, y mantener la circulación efectiva del agua de tal manera que se imposibilite, que, tras su

descomposición, aumente la eutrofización, la cual provoca la explosión desmedida de algas, el detalle de skimmer se muestra en la figura 9.

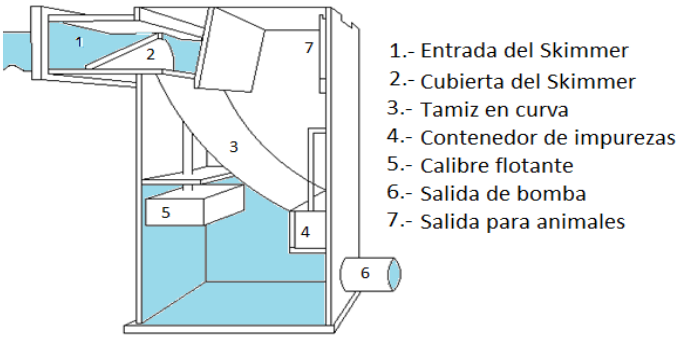


Figura 9. Detalle del skimmer propuesto.

Se colocó un muro de hormigón vertical sumergido, se utilizan para separar la zona de baño y la zona de plantación. La extensión se muestra en la parte superior del muro de hormigón y se puede cubrir con madera o piedras, como se muestra en la figura 10.

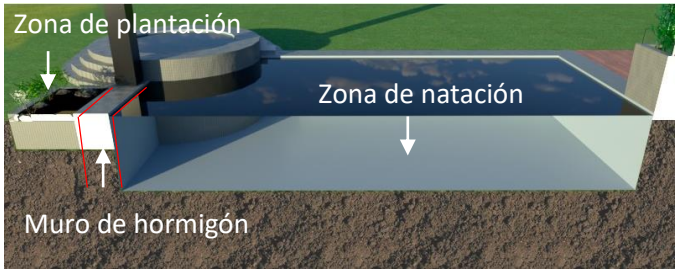


Figura 10. Muro vertical sumergido de Hormigón.

c) Modelado y materiales.

Se realizó el trazado del diseño para un conjunto habitacional donde en su entorno se encontrará una zona específica de acceso para tomar medidas de higiene y seguridad necesarias, una zona recreativa que en este caso es una sala de convivencia y el espacio considerable para la piscina y su zona de generación. Se observan las características físicas de color, textura y comportamiento de luz en todas las superficies para renderizado final, figura 11 y 12.

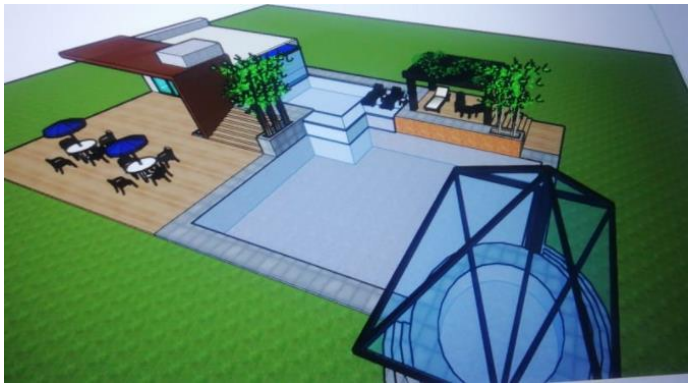


Figura 11. Modelado de piscina natural con distinción de materiales, acabados y ubicación.



Figura 12. Modelado de piscina natural con distinción de materiales.

d) Renderizado

El motor de render dará como resultado nuestra imagen deseada. El proceso consiste principalmente en radiar en la escena un conjunto de fotones digitales que rebotan sobre las superficies del modelo 3d creando comportamientos de iluminación directa e indirecta para así darle vida al modelado del proyecto.

IV. Resultados

Se presenta el diseño de sistema de filtración natural que eliminará la formación de los DPB, esquematizando la conexión en serie de los skimmer, la bomba de circulación, piscina y a la zona de regeneración figura 13.

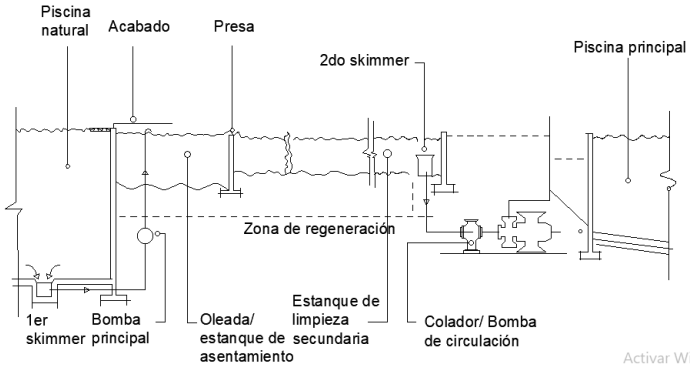


Figura 13. Esquema del sistema de filtración natural propuesto.

El resultado del modelo digital generado en computadora muestra en vista de perfil parte de la zona de recreación, la piscina natural con medidas 7 metros de largo 5 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad y la zona de regeneración, permitiéndonos visualizar que la piscina natural en conjunto da una perspectiva más natural contribuyendo al bienestar social, figura 14.


Figura 14. Modelo digital generado a computadora de la piscina natural
.

Se observa en vista de planta un terreno de 15 metros de largo por 8 metros donde se incluye, zona específica de acceso para tomar medidas de higiene y seguridad necesarias, una zona recreativa que en este caso es una sala de convivencia y el espacio considerable para la piscina y su zona de generación, figura 15.



Figura 15. Modelo digital generado a computadora de la piscina natural. Vista de planta.

Se muestra enfoque en vista perspectiva de la zona de regeneración, se detalla el contorno que delimita la zona de regeneración, así como el material de hormigón para el muro vertical de 25 cm que separa la zona de natación de la zona de regeneración, figura 16.


Figura 16. Modelo digital generado a computadora de la piscina natural. Vista en perspectiva detallando la zona de regeneración.

V. CONCLUSIONES

Este artículo revisó críticamente los últimos avances de investigación sobre la regulación, formación y exposición de los DBP. El nivel de cloro total (cloro libre y combinado) ha sido ampliamente evaluado y asociado con la salud de los usuarios concluyendo que los nadadores y trabajadores de las piscinas están expuestos a desarrollar complicaciones respiratorias, rinitis, asma y dermatitis entre otras múltiples enfermedades. En esta revisión se da a conocer el potencial beneficio que pudiesen ofrecer la implementación de piscinas naturales. Por lo que se

proporcionan direcciones potenciales para futuras investigaciones.

Referencias

Andersson, M., Backman, H., Nordberg, G., Hagenbjörk, A., Hedman, L., Eriksson, K., Forsberg, B., Rönmark, E. (2018). Early life swimming pool exposure and asthma onset in children – a case-control study. Environ. Health 17. https://doi.org/10.1186/ s12940-018-0383-0.

Biopiscinas. (2016). BioNova; Piscinas Naturalizadas Y Ecológicas. Recuperado de https://www.bionovapiscinasnaturales.com/sistema-bionova/biopiscinas-y-piscinas-ecol%C3%B3gicas/

Chlorine Chemistry. (2017) American Chemistry council; Calidad Del Agua: Desinfección Effectiva. Recuperado de https://chlorine.americanchemistry.com/Calidad-Del-Agua-Desinfecci-n-Effectiva/

Chowdhury, S., Mazumder, M. A. J., Alhooshani, K., & Al-Suwaiyan, M. S. (2019). Reduction of DBPs in synthetic water by indoor techniques and its implications on exposure and health risk. *Science of The Total Environment.* doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.185

Font-Ribera, L., Marco, E., Grimalt, J.O., Pastor, S., Marcos, R., Abramsson-Zetterberg, L., Pedersen, M., Grummt, T., Junek, R., Barreiro, E., Heederik, D., Spithoven, J., Critelli, R., Naccarati, A., Schmalz, C., Zwiener, C., Liu, J., Zhang, X., Mitch, W., GraciaLavedan, E., Arjona, L., de Bont, J., Tarès, L., Vineis, P., Kogevinas, M., Villanueva, C.M. (2019). Exposure to disinfection by-products in swimming pools and biomarkers of genotoxicity and respiratory damage – The PISCINA2 Study. Environ. Int. 131, 104988. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104988.

Gérardin, F., Cloteaux, A., & Midoux, N. (2015). Modeling of variations in nitrogen trichloride concentration over time in swimming pool water. *Process Safety and Environmental Protection.* 94, 452–462. doi:10.1016/j.psep.2014.10.004

Healthy Water Home. (2017). Centros para el Control y Prevención de enfermedades; Natación saludable. Recuperado de https://www.cdc.gov/healthywater/swimming/esp/rwi-sp.html

Laia Font-Ribera, L., Marco, E., Grimalt, O., Pastor, S., Marcos, R., Abramsson-Zetterberg, E., Pedersen, M., Grummt, T., Junek, R., Barreiro, E., Heederik, D., Spithoven, J., Critelli, R., Naccarati, A., Schmalz, C., Zwiener, C., Liu, J., Zhang, X., Mitch, W.,... Villanueva, C. (2019). Exposure to disinfection by-products in swimming pools and biomarkers of genotoxicity and respiratory damage – The PISCINA2 Study. *Environment International.* doi.org/10.1016/j.envint.2019.104988.

Lévesque, B., Vézina, L., Gauvin, D., & Leroux, P. (2015). Investigation of air quality problems in an indoor swimming pool: A case study. *Annals of Occupational Hygiene.* 59(8), 1085–1089. doi:10.1093/annhyg/mev038

Manasfi, T., De Méo, M., Coulomb, B., Di Giorgio, C., & Boudenne, J.-L. (2016). Identification of disinfection by-products in freshwater and seawater swimming pools and evaluation of genotoxicity. *Environment International.* 88, 94–102. doi:10.1016/j.envint.2015.12.028

Tsamba, L., Correc, O., & Couzinet, A. (2020). +Chlorination by-products in indoor swimming pools: Development of a pilot pool unit and impact of operating parameters. *Environment International.* doi:10.1016/j.envint.2020.105566

Villanueva, C. M., Cordier, S., Font-Ribera, L., Salas, L. A., & Levallois, P. (2015). Overview of disinfection by-products and associated health effects. *Current Environmental Health Reports.* 2(1), 107–115. doi:10.1007/s40572-014-0032-x

Yang, L., Chen, X., She, Q., Cao, G., Liu, Y., Chang, V. W.-C., & Tang, C. Y. (2018). Regulation, formation, exposure, and treatment of disinfection by-products (DBPs) in swimming pool waters: A critical review. *Environment International.* doi:10.1016/j.envint.2018.10.024

Zhang, X., Yang, H., Wang, X., Zhao, Y., Wang, X., & Xie, Y. (2015). Concentration levels of disinfection by-products in 14 swimming pools of China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering.* 9(6), 995–1003. doi:10.1007/s11783-015-0797-7.

TECHO VERDE EXTENSIVO PARA EL CONFORT TÉRMICO EN EDIFICIOS

Guzmán-Romero Diana[1], y Sánchez-Rubio M. F.[1] Asesor. Ríos Moreno G. J.[2]

[1] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería civil, +524424993310, feeer1228@gmail.com, diana.guz870@gmail.com.

[2] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Santiago de Querétaro 76010, México, riosg@uaq.mx

Resumen:

La desmedida urbanización y el aumento de la población humana, han llevado a generar un cambio climático, conocido como el efecto de isla de calor, en el que la diferencia máxima de temperatura entre el área urbana y rural puede ser alrededor de 3 a 5 °C; sin embargo, dependiendo de las características meteorológicas, la diferencia de temperatura puede llegar a ser de hasta 10 °C. Las fachadas, cubiertas y azoteas verdes reducen el calentamiento atmosférico y humedecen el ambiente urbano, creando así un clima agradable y sano; también constituyen una solución de infraestructura verde que puede contribuir a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El objetivo de este artículo es diseñar un techo verde extensivo con vegetación endémica de tipo cactácea y suculenta por su facilidad de crecimiento y supervivencia, contribuyendo a la generación del confort térmico interior y valor estético. El proceso del diseño de construcción del techo verde extensivo consta de la colocación de capas de distintos sustratos y membranas que permitan crear un ambiente en donde se coloca una capa vegetal tipo extensiva de cactáceas y suculentas seleccionadas de la región, de tal manera que funcione óptimamente. Los resultados del prototipo del techo verde mostraron una reducción de 2 a 4 °C aproximadamente dentro de la construcción, así mismo agregaron estética y valor comercial al inmueble.

Palabras Clave: techo verde; reducción de emisión de carbono; confort térmico; plantas endémicas

Abstract:

Excessive urbanization and the increase in human population have led to a climate change, known as the heat island effect, in which the maximum temperature difference between urban and rural areas can be around 3 to 5 °C; however, depending on the meteorological characteristics, the temperature difference can be up to 10 °C. Green facades, roofs, and rooftops reduce global warming and humidify the urban environment, thus creating a pleasant and healthy climate; they also constitute a green infrastructure solution that can contribute to reducing Greenhouse Gas (GHG) emissions. The objective of this article is to design a green roof prototype with endemic cactus-type vegetation that is succulent due to its ease of growth and survival, contributing to the generation of interior thermal comfort and aesthetic value. The construction design process of the extensive green roof consists of the placement of layers of different substrates and membranes that create an environment where an extensive type of plant layer of cactus and succulents selected from the region is placed, in such a way that it works optimally. The results of the green roof prototype update a reduction of approximately 2 to 4 ° C within the construction, in addition to adding aesthetic and commercial value to the property.

Key Words: green roofs; carbon emission reduction; thermal comfort; endemic plants

Introducción

El cambio climático es una realidad y sus impactos van en aumento. Con la tasa actual de emisiones de dióxido de carbono, el mundo alcanzará un calentamiento de 1,5 °C en 2040 (IPCC, 2018).

En 2019, el agujero de ozono Antártico fue uno de los menores registrados desde 1990. A pesar de que el Protocolo de Montreal haya sido un éxito y estas sustancias hayan disminuido en gran medida, su concentración es suficientemente alta para mantener la destrucción de la capa de ozono durante la primavera Antártica. Durante el año 2020, se ha observado un récord en disminución de la capa de ozono en el Ártico debido a la meteorología (Fig. 1), entre otras causas (National Geographic, 2020).

A las velocidades previstas, se espera que el ozono del Ártico y de las latitudes medias del hemisferio norte se recuperen completamente antes de mediados de siglo, alrededor de 2035, seguido por las latitudes medias del hemisferio sur alrededor de mediados de siglo, y el de la región antártica se prevé para el año 2060 (ONU, 2020).

Sin embargo, según el Servicio de Monitoreo de la Atmósfera Copérnico de la UE, no conviene bajar la guardia porque el adelgazamiento de esta capa sufre vaivenes que no siempre tienen una explicación científica convincente (CAMS, 2019).

Las medidas para eliminar el dióxido de carbono (CO_2) actual y potencial incluyen la forestación y la reforestación, la restauración de tierras de cultivo, así como la extracción, la captura directa y el almacenamiento del carbono del suelo y del aire. La adaptación al cambio climático ya no es una opción sino una necesidad, se pone de manifiesto que cuanto más lo retrasemos, más difícil y costoso será (OMM, 2018).

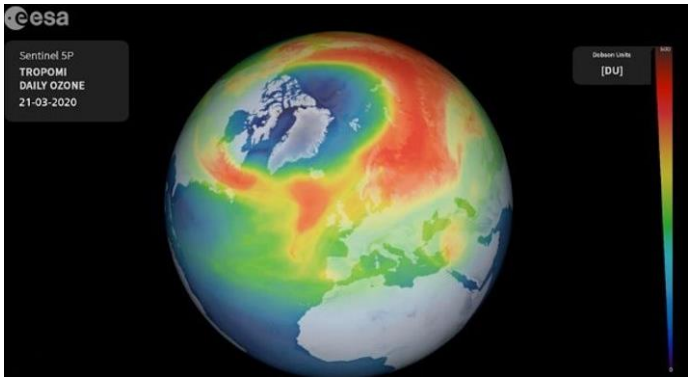


Fig. 1 Imagen capturada del Antártico, tomada por el instrumento TROPOMI a bordo del satélite Sentinel 5P (ESA, 2020).

La Fig. 2 muestra las zonas más afectadas del mundo por la contaminación del aire, marcadas con el color rojo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS):

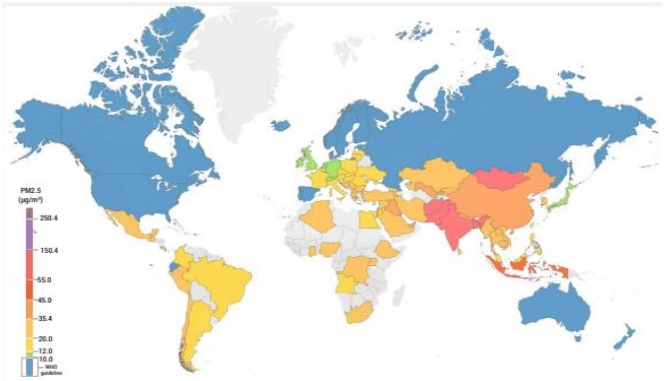


Fig. 2 Mapa que muestra cuán contaminado está el aire en el mundo, resaltan los países de color amarillo, naranja y en rojo los más afectados (IQair, 2019).

La contaminación del aire constituye el mayor riesgo ambiental para la salud humana y es una de las principales causas evitables de muerte y enfermedad, en el mundo alrededor de 7 millones de personas mueren prematuramente cada año. Hay nueve de diez personas que respiran aire sucio, indica el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Se estima que por esa causa fallecen unos 42 mil mexicanos anualmente (Fig. 3) (La Jornada, 2020).



Fig. 3. Contaminación ambiental en la Ciudad de México (CNN Español, 2017).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define el clima de la ciudad como “el clima modificado por la interacción de la edificación y su efecto, incluyendo el calor de la quema de desechos y las emisiones de materias que contaminen el aire. Por ende, las condiciones climatológicas son también provocadas por la urbanización y difieren de las

condiciones climatológicas en el entorno rural dando origen así al efecto isla de calor urbana.

El efecto isla de calor urbana refiere al aumento de la temperatura en las ciudades, especialmente en el centro de las ciudades, producto del exceso de pavimentos, edificios y fundamentalmente por el reemplazo de áreas verdes (Fig. 4) (Meteored, 2018).

Este efecto puede llegar a generar diferencias de hasta 10°C en verano y disminuye la calidad del aire a medida que aumentan las temperaturas debido a la absorción de calor de los edificios y de las calles (Pacheco-Rivas, 2017).



Fig. 4 Efecto isla de calor urbana (Meteored, 2018).

Un techo verde es una superficie donde se siembran las plantas y estas crecen sobre la azotea de algún edificio o de casas. Cada metro cuadrado de una azotea verde atrapa un kilo de Carbono (CO_2) y genera el oxígeno requerido por una persona en un año, además reducen la velocidad de correntía, es decir, durante las lluvias el agua corre en una ciudad donde casi no hay suelo, pero con estos sistemas el ciclo hidrológico se regula y la azotea retiene agua de lluvia que no va al desagüe (UNAM, 2020).

El concepto de azoteas verdes no es nuevo, 2600 a. C., los egipcios ponían patios y huertos que integraban a sus construcciones, el ejemplo más representativo son los Jardines Colgantes de Babilonia del siglo, VI a. C. considerados una de las 7 Maravillas del Mundo Antiguo (National Geographic, 2019).

El proyecto de instalación y diseño de un techo verde tiene que ser monitoreado mediante la supervisión de un ingeniero civil. Se caracteriza por llevar a la terraza del edificio un jardín similar a los que normalmente se plantan a nivel de suelo, sin restricción en el tipo y tamaño de las plantas y con posibilidades de tránsito y uso, Con una azotea verde se puede aprovechar la “tercera dimensión”, esto es los espacios verticales como son: muros, paredes, bardas, techos, y terrazas (Pacheco-Rivas, 2017).

La capital mexicana cuenta con 34,991 metros cuadrados de azoteas verdes (Fig. 5), una superficie equivalente a siete campos de fútbol, más de la mitad construidos a partir de 2016. Son en total 28; 24 públicas, instaladas en hospitales e instituciones educativas, y cuatro de empresas privadas (BBC Mundo, 2019).



Fig. 5 Techo verde ubicado en el edificio central de INFONAVIT, en la Ciudad de México (MXcity, 2018).

En este caso, nos enfocamos en aprovechar la flora existente. El Semidesierto Queretano es una zona de importante diversidad y endemismo de cactáceas, algunas de ellas en peligro de extinción. Lo que contribuye a convertir al estado de Querétaro en una entidad importante en riqueza de cactáceas, dada su reducida superficie geográfica en contraste con su diversidad de ambientes, que abarcan tanto los bosques tropicales como los bosques templados y los matorrales xerófilos (CONABIO, s.f.)

Entre los factores más importantes que afectan la sobrevivencia de cactáceas (y otras especies) en la región, están la construcción y ampliación de caminos y carreteras; la construcción de infraestructura para el "progreso" de las grandes ciudades; el cambio de uso

del suelo para el desarrollo urbano e industrial; las obras gubernamentales "contra" la "desertificación" y la erosión; y el saqueo de especies. Considerando estos factores, la implementación de cactáceas y suculentas a la capa vegetal, genera muchos beneficios, tanto públicos como privados.

Agregado a esto, uno de los enfoques principales para este prototipo, es la capa impermeabilizante hecha de corcho, que tiene como finalidad brindar un aislante térmico en la vivienda, pero además por su bajo contenido de agua es prácticamente impermeable por lo que su uso en una cubierta verde para suplantar la capa de impermeabilizante que se compone de su gran mayoría de concreto o cemento con químicos que ayudan dar esa finalidad. El sistema de cubierta verde integrando una lámina de corcho, sirve para reducir tiempos de secado y que la instalación sea más rápida, ya que este evita la membrana líquida y no requiere secado, garantizando un adecuado funcionamiento en cuanto a los problemas de filtración aumentando la vida útil de la vegetación (Rosales, 2019.).

Según el estudio de Cortes Martha y Roa la Verde (2019), este sistema de techo verde con la implementación de la lámina de corcho, ayuda disminuyendo costos a la hora de su implementación, contribuye en la reducción de los gastos para el mantenimiento, nos ayuda a obtener una mejor eficiencia en el sistema, reduce el tiempo a la hora de su construcción, y genera una mayor vida útil hacia la vegetación.

Además, en el estudio comparativo de Ramos (2016) realizado en la Universidad Autónoma de Querétaro, un aula con techo tradicional y diferentes aulas con techos verdes intensivos (de 15 y 25 cm) y un techo extensivo (10cm), se llegó a concluir que los techos con tecnologías verdes ayudan a disminuir la temperatura al interior de los edificios y mantiene una humedad relativa constante, y de los dos tipos de techos verdes intensivos que se colocaron, el de 15 cm de espesor fue más viable que el de 25 cm, ya que hay una disminución de temperatura en promedio de 2.5°C, aunado a esto, el peso que transmitirá al edificio sería menor.

El objetivo de este artículo es hacer un prototipo de techo verde tipo extensivo con una lámina de corcho como capa impermeabilizante, y con vegetación endémica de tipo cactácea y suculenta por su facilidad de crecimiento y supervivencia, con ello se busca que el edificio en el que sea colocado disminuya su temperatura de 2 a 4 °C y sea más confortable la estancia en él.

Consideraciones teóricas

Al considerar el diseño de una azotea verde, es indispensable saber que se tiene que cumplir con una serie de requerimientos de calidad y especificaciones técnicas para su construcción y mantenimiento. Dichos requisitos son de carácter obligatorio y se encuentran en la Norma Ambiental NADF-013-RNAT-2017.

En resumen, estos son los requisitos que debe presentar el diseño de una azotea verde extensiva:

- Estabilidad y resistencia mecánica: analizadas en un cálculo estructural previo, el peso de una azotea verde puede ser desde 110 a 250 $\boldsymbol{\frac{kg}{m^2}}$. Este tipo de techos requieren mínimos refuerzos en estructuras ya existentes para el soporte del peso adicional.
- Pendiente: el límite máximo permisible de inclinación del sistema de naturación será del 70% (34.99°).
- Impermeabilidad: una azotea verde debe impedir el paso del agua al interior de la edificación.
- Desagüe: este sistema deberá evacuar la totalidad del agua excedente de la superficie evitando su acumulación sobre la misma.
- Sistema drenante: debe seleccionarse de tal manera que pueda desalojar al menos una pluviometría de 2 $\frac{l}{min \times m^2}$ de intensidad (300 $\frac{l}{s \times ha}$). Esto tomando en cuenta, la superficie total que cubren los desagües, la pendiente de la cubierta y la pluviometría de la zona.

- Resistencia a la acción de las raíces sobre la estructura: se deben usar materiales adecuados para garantizar que las raíces no penetrarán la capa impermeabilizante y causen daños.
- Vegetación: de 5 a 15 cm de sustrato de plantas endémicas que requieran poco riego y puedan subsistir a base de agua de lluvia, con una altura de crecimiento menor a 50 cm. Cuando la capa de sustrato se encuentre expuesta a vientos intensos, deberá protegerse contra la erosión.
- Riego: para la realización de los trabajos de riego se debe cuidar que el agua llegue suavemente a la superficie en forma de lluvia fina o con un sistema de riego por goteo y/o micro aspersión.
- Seguridad civil en maniobras: Se debe de permitir el acceso al mantenimiento tanto de la vegetación como de las instalaciones.

Construir una azotea verde sin considerar estos requisitos mínimos y las especificaciones técnicas, pueden convertir el proyecto en fallido, pues puede resultar goteras, humedades, inseguridad estructural, mantenimientos, reparaciones innecesarias y multas por parte de protección civil por ignorar la normatividad señalada.

Materiales y métodos

El diseño del prototipo de azotea verde fue creado en SolidWorks, que es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D.

El prototipo es un techo de verde extensivo, estos sistemas son de bajo mantenimiento y generalmente se instalan en lugares inaccesibles, se plantan especies con poco requerimiento de humedad, por eso se escogieron cactáceas y suculentas endémicas del estado de Querétaro, que están ya adaptadas a las condiciones ambientales, y esto asegura su supervivencia con mínimos cuidados.

Aunado a esto, se enfocó en ampliar el conocimiento sobre la importancia de estas especies y sus hábitats, para favorecer su conservación in situ y para procurar la protección de estos hábitats y paisajes espectaculares que ha favorecido la evolución de muchos otros endemismos importantes en regiones como el Cañón del Río Moctezuma y el Semidesierto Queretano.

La Figura 6 muestra el sistema de capas que conforman el techo verde y sus características que se describen a continuación:

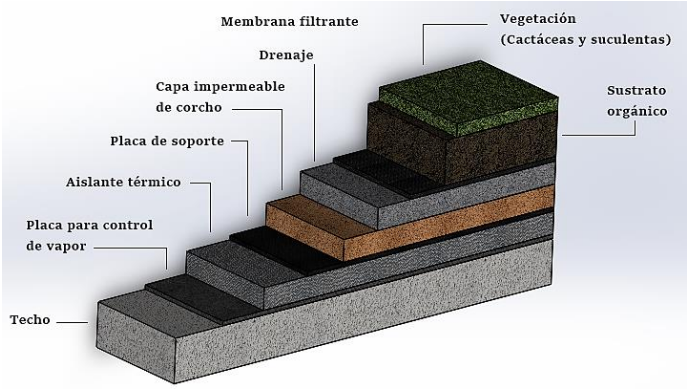


Fig. 6 Capas del modelado en 3D del techo verde

- Capa vegetal: compuesta por las cactáceas y suculentas endémicas del Semidesierto Queretano.
- Sustrato orgánico: material para crecimiento de las plantas, compuesta por una mezcla nutritiva tierra de siembra, arena, gravilla y humus de lombriz.
- Capa o tela de filtración: compuesta de poliéster, contiene a la tierra y a las raíces, pero permite el paso del agua para drenar.
- Capa de drenado y captación de agua pluvial: compuesta por arenas de grano grande y grava, que permiten el paso del agua, pero no otros compuestos sólidos, y la almacenan o canalizan para su uso posterior.
- Capa impermeable: detiene el paso de agua y humedades a la parte estructural de la azotea. Esta capa está hecha de lámina de corcho.
- Placa de soporte: de concreto armado
- Aislante térmico: de poliuretano expandido o espuma de poliuretano.
- Placa para control de vapor.

Para el sistema de riego, se escogió uno por goteo, correspondiendo a las necesidades de las plantas de la cubierta vegetal, que requieren poco suministro de agua. Acorde a esto, se usó un dispositivo digital, un

temporizador o timer, que es un pequeño aparato que abre y cierra un circuito eléctrico de forma automática y durante un tiempo determinado, es una herramienta de bajo costo, que ronda de entre los $300.00 a los $500.00 pesos mexicanos en el mercado. Con este dispositivo, nos permitió programar el encendido y apagado del sistema por goteo, automatizando así el proceso. Se recomienda el riego, de una a dos veces por semana.

Resultados

El prototipo de techo verde extensivo creado puede llegar a reducir de 2° a 4° centígrados la temperatura del edificio, aproximadamente. Esto es gracias al tipo de vegetación utilizada, que nos proporcionó muchos beneficios al ser flora endémica, reduciendo así los gastos de transporte y mantenimiento.

También al utilizar el corcho como capa impermeable del techo, el costo se minimizó, y todo el proceso de construcción y aplicación del techo será optimizado, al ser un material flexible en su uso. Por otra parte, genera una mayor vida útil hacia la vegetación ya que permite una adecuada oxigenación de las plantas a utilizar, garantizando que tengan un tiempo de vida más prolongado y su mantenimiento tenga que ser mucho menor. Y al contrario de las membranas líquidas que se usan de manera convencional en un techo verde, el corcho evita fisuras en la misma y nos ayuda a obtener una mejor eficiencia en el sistema.

Aunado a esto, al ser un tipo de techo verde extensivo, el peso que soporta el edificio es menor, los costes disminuyen, ya que, a menor espesor, menor volumen de material, así como menor cantidad de agua de riego.

Se utilizó como modelo un salón de clases normalizado, de 8 x 10 m, ya que se proyecta que este prototipo sea implementado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus universitario. Se pueden observar las dimensiones en las siguientes figuras:

- Vista de planta

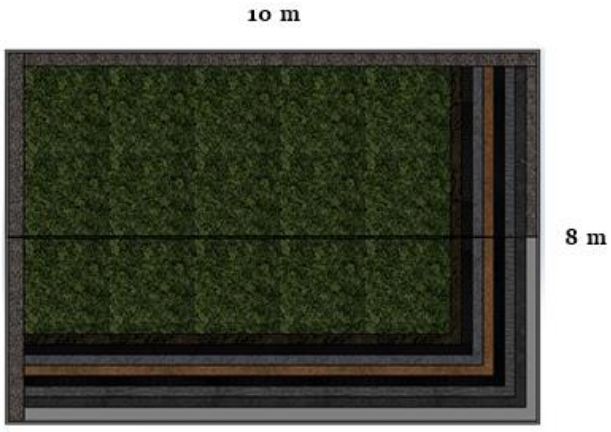


Fig. 7 Vista de planta del modelo

La figura 7 se aprecia el orden de las distintas capas y las dimensiones del salón de clases utilizado.

- Vista lateral



Fig. 8 Vista lateral, desde la perspectiva de la entrada del salón

En la figura 8 se observa el grosor que tiene la naturación, alcanzando un ancho de 10 cm, desde la losa del salón hasta la capa de sustrato orgánico.

- Vista isométrica

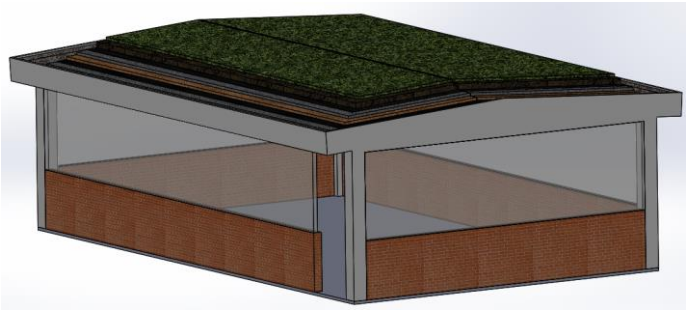


Fig. 9 Vista isométrica de la parte frontal del salón

En la figura 9, se ve que, por el grosor de 10 cm del prototipo, todo el sistema se acopla bien al techo original, y no sobresale demasiado.

- Vista trasera

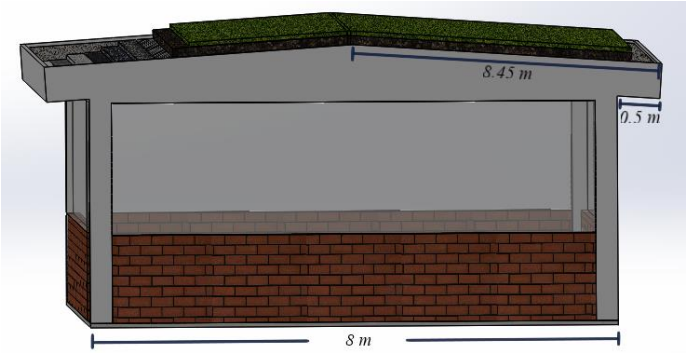


Fig. 10 Vista posterior del salón

En la figura 10 se observan las dimensiones que tiene el voladizo del techo, así como la longitud de la parte inclinada. Esta inclinación es la que ayuda a que no haya estancamientos de agua, ya sea pluvial o de riego.

- Vista de las capas enumeradas

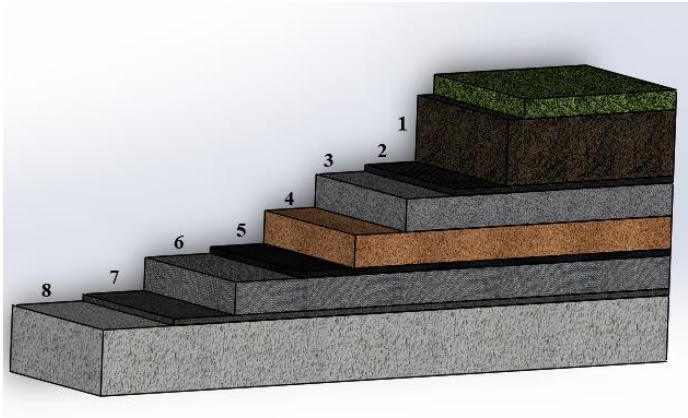


Fig. 11 Corte de las capas

En la figura 11 se muestran las capas enumeradas, empezando por la capa 1, se tienen las siguientes medidas de grosor de cada capa:

1) Sustrato orgánico: 2.5 cm
2) Membrana filtrante: 1 cm
3) Capa drenante: 2 cm
4) Capa de corcho: 2 cm
5) Placa de soporte: 1 cm
6) Aislante térmico: 1 cm
7) Control de vapor: 0.5 cm
8) Techo del salón

El control de temperatura del salón es mediante sensores automatizados que registran las distintas temperaturas que se tienen a lo largo del día, para verificar que en las horas en las que los rayos de sol son más fuertes, el techo es capaz de mantener una temperatura óptima, brindando el confort térmico a las personas que realicen actividades dentro del recinto.

Conclusiones

Hoy en día los problemas ambientales en el mundo se han visto exponenciados por las distintas actividades que realizamos a diario. La implementación de nuevos proyectos que contribuyan a la disminución de estos problemas se ha vuelto muy importante hoy en día, aunque mucha de esta tecnología aún no es tan utilizada ya que resulta ser bastante cara y no está al alcance de todos. La idea de utilizar vegetación endémica de tipo cactácea y suculenta reduce los costos de mantenimiento por su facilidad de crecimiento y supervivencia, además de que tiene bastantes beneficios, como la reducción de la temperatura dentro del inmueble y la contribución a la preservación del medio ambiente, y entre más personas implementen este tipo de construcciones, el impacto positivo hacia el medio ambiente será mayor.

Referencias

Bellini, A. (2019). La azotea verde más grande de Latinoamérica está en la Ciudad de México. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://mxcity.mx/2018/08/la-azotea-verde-mas- grande-de-latinoamerica/

Cortes Martha, M. y Roa La Verde, J. (2019). Sistemas de cubiertas verdes a base de corcho. (Tesis de pregrado). Universidad la Gran Colombia, Colombia.

Crespo Garay, C (2020, 16 septiembre). Así evoluciona el agujero de la capa de ozono tras 35 años de protección internacional. National Geographic. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2020/09/asi-evoluciona-el-agujero-de-la-capa-de-ozono-tras-35-anos-de-proteccion

EcoPuma. (2020). Azoteas verdes, una opción ecológica y ahorrativa. México. UNAM. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de: https://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/azoteas-verdes-una-opcion-ecologica-y-ahorrativa/

Enciso, A. (2020). Contaminación del aire, el mayor riesgo ambiental para salud humana: ONU. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://www.jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2020/09/08/contaminacion-del-aire-el-mayor-riesgo- ambiental-para-salud-humana-onu-7233.html

Gregori, J. (2019). El agujero de ozono podría ser el más pequeño en 30 años. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://cadenaser.com/ser/2019/09/16/ciencia/1568653914_017351.html

Huguet, G. (2019). Así serían los jardines colgantes de babilonia en la actualidad. National Geographic. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/asi-serian-jardines-colgantes-babilonia-actualidad_14213

Méndez, E. (2020). Gobiernos deben invertir más en cambio climático: ONU. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://www.excelsior.com.mx/nacional/gobiernos-deben-invertir-mas-en-cambio-climatico-onu/1417522

Morán, C. (2018, 2 agosto). Cómo sobrevivir a una ola de calor en la isla de calor urbana. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://www.tiempo.com/noticias/divulgacion/como-sobrevivir-a-una-ola-de-calor-en-la-isla-de-calor- urbana.html

Naturalist. (s.f.) La ruta de los cactus, Querétaro. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://www.inaturalist.org/guides/1418

ONU. (2020). 2020 añade un fenómeno extremo más a su calendario: el mayor agujero. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de https://news.un.org/es/story/2020/05/1473722

Organización Meteorológica Mundial. (2018). Cambio climático: ciencia y soluciones (Vol. 67 (2)-2018). Recuperado de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=581 0

Pacheco-Rivas, I. (2017). Beneficios, funcionamiento y cómo construir un techo verde. AboutHaus. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de: https://about-haus.com/beneficios-construir-un-techo-verde/

Paullier, J. (2015). Las azoteas verdes que oxigenan a Ciudad de México. BBC Mundo. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de: https://www.bbc.com/mundo/video_fotos/2015/10/151016_mexico_ciudad_azoteas_verdes_medio_ambiente_jp

Ramos, G. (2016). Desarrollo y caracterización de un nuevo sustrato de techos verdes para generar el confort térmico al interior de edificios públicos. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Rosales, M. (2019). El corcho como tejido vegetal. La verdad. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de: https://laverdadnoticias.com/ecologia/El-corcho-como-tejido-vegetal--20190626-0103.html

SEDEMA. (2018). Norma ambiental para el distrito federal NADF013-RNAT-2017. Gaceta oficial de la Ciudad de México. Recuperado 5 de noviembre de 2020, de: http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF_013_RNAT_2017.pdf

Evaluación referente a certificaciones ambientales de edificios en México

Autor: Santos, Diana Concepcion[1]
[1]Posgrado en Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. diana_0328w@hotmail.com
Asesor: G.J. Ríos-Moreno[2]
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. riosg@uaq.mx

Resumen

El impacto ambiental producido por el ámbito de la construcción va en aumento a pesar de los procesos constructivos y nuevas tecnologías para el cuidado Ambiental. En los países de la OCDE, dentro de los que se encuentra México, la edificación es responsable de aproximadamente el 25-40% del uso total de energía, del 30% del uso de materia prima, del 30-40% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y del 30-40% de la generación de residuos sólidos. El objetivo de esta investigación es presentar un estudio cuantitativo de las deficiencias en cuanto a los requerimientos de las certificaciones ambientales a nivel internacional, presentadas tanto por el personal profesional que se dedica al desarrollo de la construcción, como de los edificios actualmente ya desarrollados, para con ello incentivar el cambio con la inclusión de las certificaciones para las construcciones futuras y con ello frenar el daño ambiental y aumentar los beneficios. Se realizó una investigación mediante una encuesta para reunir información respecto a los impactos ambientales, sociales y económicos de las construcciones, y con ello la generación de datos numéricos con los que se pudiera presentar de manera general la magnitud del daño creciente, y de esta manera promover la cultura ambiental incentivando a la adaptación para la mejora. Los resultados muestran que base del gran problema en México es la ignorancia de los estándares, al tener esta deficiencia la inclusión de los lineamientos en el diseño y procesos se limita solo a los requeridos por el cliente o institución.

Palabras clave: Certificaciones ambientales, Edificaciones sustentables, Evaluación de edificaciones.

Abstract

The environmental impact produced by the construction field is increasing despite the construction processes and new technologies for environmental care. In OECD countries, including Mexico, building is responsible for approximately 25-40% of total energy use, 30% of raw material use, 30-40% of global emissions of greenhouse gases and 30-40% of solid waste generation. The objective of this research is to present a quantitative study of the deficiencies in terms of the requirements of environmental certifications at an international level, presented both by professional personnel dedicated to the development of construction, as well as buildings currently already developed, to with this, incentivize change with the inclusion of certifications for future constructions and thereby curb environmental damage and increase benefits. An investigation was carried out through a survey to gather information regarding the environmental, social and economic impacts of the constructions, and with it the generation of numerical data with which the magnitude of the increasing damage could be presented in a general way, and in this way promote environmental culture by encouraging adaptation for improvement. The results show that the basis of the great problem in Mexico is the ignorance of the standards, having this deficiency the inclusion of the guidelines in the design and processes is limited only to those required by the client or institution.

Key Words: Environmental certifications, Sustainable buildings, Evaluation of buildings.

Introducción

A nivel mundial con más de la mitad de población viviendo actualmente en zonas urbanas, las ciudades consumen más de dos tercios de la energía mundial y representan más de 70 % de las emisiones mundiales de bióxido de carbono. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la forma en que las ciudades aborden estos

temas será fundamental, ya que la edificación posee un gran potencial de ahorro energético pudiendo contribuir de manera muy significativa en la protección medioambiental, confort y bienestar diario (The Royal Society, 2019).

El crecimiento de la población demandará habitabilidad: nuevas viviendas y edificios no residenciales. Pasaremos de 1.900 millones de hogares en 2010 a cerca de 3.200 millones en 2050. Para ello, la superficie destinada a vivienda habrá de crecer desde 160.000 millones de m^2 a cerca de 300.000 millones de m^2, y la superficie ocupada por edificios no residenciales experimentará un crecimiento equivalente al 70% de la superficie actual (ISOVER Saint-Gobain, 2019). Un edificio diseñado, construido o rehabilitado de forma sostenible contribuirá en cada una de las etapas de su ciclo de vida en la mejora del confort y bienestar, minimizará el consumo de recursos naturales, incluida la energía, reducirá el impacto ambiental y mejorará la viabilidad financiera del proyecto. (ISOVER Saint-Gobain, 2019) . Así mismo se estima que el 60% de la población del mundo vivirá en ciudades a partir del 2030 (Nations, 2014). Al incrementar el número de edificaciones en ciudades hoy en la actualidad nos estamos enfrentando a un gran problema con la humanidad, la contaminación y el gran desgaste de recursos naturales de la litosfera; sin embargo, el incontrolable crecimiento de las ciudades puede afectar el medio ambiente y sus ciudadanos (Annez, 2018).

Actualmente existen diversas certificaciones que al implementarse desde el diseño del edifico, su puesta en obra y hasta que el usuario utiliza la infraestructura, el rendimiento de este se ve optimizado en beneficio del medio ambiente y la salud de los ocupantes.

Dentro de las certificaciones más usadas tenemos:

- LEED, es un sistema de evaluación y estándar internacional desarrollado por el Consejo de Edificación Sostenible de Estados Unidos (USGBC) para fomentar el desarrollo de edificaciones basadas en criterios de sostenibilidad y de alta eficiencia (ISOVER Saint-Gobain, 2019).
- BREEAM es un método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de la edificación, desarrollado por el Building Research Establishment (BRE) en Reino Unido (ISOVER Saint-Gobain, 2019).
- VERDE es una metodología para la evaluación y certificación ambiental de edificios desarrollada por la Asociación GBC España y orientada a la evaluación de edificios a lo largo de todo su ciclo de vida (GBCe-ISOVER, 2014).
- WELL Building Standard es un estándar que se basa en el desempeño y conjuga las mejores prácticas en diseño y construcción con intervenciones en materia de salud y bienestar basadas en pruebas concretas (Method, 2018).

Los edificios con certificación sostenible resuelven los desafíos de los tres pilares de la sostenibilidad: social, económico y medioambiental, a lo largo de todo su ciclo de vida (ISOVER Saint-Gobain, 2019), puesto que parte de lo que ofrecen las certificaciones como LEED, BREEAM, VERDE y WELL es favorecer la innovación dando potencial en el ahorro de costos y ahorro de energías, agregando valores adicionales de gran impacto, mejorando las condiciones para los usuarios.

Por lo que esta investigación pretende hacer notar los impactos ambientales, sociales y económicos de las construcciones mediante la compilación de información a través de datos cuantitativos llegar a evidenciar la magnitud del daño que se está provocando por la ignorancia de los estándares internacionales y la poca consideración de estos al diseñar en algunos casos, e incentivar el cambio con la inclusión de las certificaciones para las construcciones futuras y con ello frenar el daño ambiental y aumentar los beneficios tanto para el usuario como para el constructor.

Algunos de los cambios que vienen siendo dirigidos por el desarrollo de tecnologías inteligentes (Castán, 2016). El uso de tecnologías hoy en día es fundamental para el desarrollo sustentable de una ciudad para innovar el uso de recursos naturales y ser amigables con el medio ambiente de acuerdo con la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE, 2015).

Metodología

El estudio fue basado en una encuesta para la recopilación de datos cuantitativos sobre las características de los edificios existentes y su impacto ambiental. Se tomaron como base para la creación de la encuesta las certificaciones internacionales LEED, BREEAM y VERDE las cuales se encuentran comprometidas con el cumplimiento de los estándares de sostenibilidad, eficiencia energética y confort; así mismo se tomó en cuenta la certificación WELL la cual garantiza que los espacios trabajan en pro de la salud y el bienestar de los ocupantes.

Se tomó la decisión de utilizar una encuesta como recopilación de datos ya que el número de muestras por analizar era bastante representativo. Las encuestas son consideradas como un método de investigación adecuado para la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos auto informados de una gran cantidad de participantes.

El cuestionario de la encuesta registro la formación académica, la experiencia laboral, conocimiento de las certificaciones internacionales en las que nos basamos, tipología de edificios evaluados, aspectos referentes a la Localización, transporte y acceso a espacios de recreación; gestión, uso de suelo y ecología de las parcelas; eficiencia del agua; energía y la atmosfera; Materiales y recursos; Calidad Ambiental, Interior e Innovación, y finalmente se solicitó una referencia de las construcciones en las que fueron basadas las respuestas de los participantes (Figura 1).

Con la realización de este ejercicio se pudo observar de manera representativa las características de los edificios existentes que afectan el medio ambiente.

Arquitectos, encargados de obra, jefes de proyecto, jefes de instalaciones, topógrafos y otros profesionales de la construcción fueron seleccionados aleatoriamente para invitarlos a colaborar y posteriormente llenar el formulario.

Estos profesionistas se han desarrollado en distintas obras de clases diferentes y así mismo con distintos clientes. Partiendo de esto se les realizo una formal invitación dando como opción aceptar o rechazar la invitación para la colaboración.

Posterior a la aceptación se realizó la distribución de las encuestas de manera virtual a través de Google Forms, haciendo extensiva la investigación a que los participantes que aceptaron colaborar pudieran invitar a colegas cercanos de ellos mismos a participar.

Se analizaron los datos obtenidos de la encuesta, comenzando por la obtención de los porcentajes de las características de los profesionales y de su experiencia por tipo de obra.

La segunda parte del análisis de datos abarco el conocimiento que tenían respecto a las certificaciones ambientales y si los proyectos en los que habían participado eran diseñados en cuanto a estas.

La tercera parte del análisis se basó en los parámetros que califican las instituciones certificadoras, registrando las condiciones y requerimientos con las que contaban las construcciones en las que habían participado los encuestados.



Figura 1. Orden conceptual de la encuesta para la evaluación referente a certificaciones ambientales.

Se obtuvieron los números representativos y a partir de esto se determinó cuales variables eran las que afectan en mayor medida.

Resultados

Se contó con la participación de 24 personas que se desarrollan profesionalmente de manera directa en el área de la construcción. De la información obtenida en la encuesta respecto a las características profesionales y su experiencia según la tipología de la infraestructura se obtuvo que el 75% de los participantes son Ingenieros Civiles, el 12.5% son Arquitectos, el 4.16% son Maestros en ingeniería, el 4.16% cuenta con especialidad en geotecnia y el 4.16% restante es Ingeniero Mecánico.

Hablando de sus años de experiencia el 50% tiene de 1 a 5 años, el 37.5% tiene de 5 a 10 años y el 12.5% tiene más de 10 años de experiencia en el desarrollo de construcciones.

Entrando al ámbito de conocimiento de las certificaciones internacionales en el ámbito ambiental y de salud (Figura 2), en las que fue basada la evaluación de los edificios se obtuvo que el 37.50% de los participantes no conoce ninguna de estas certificaciones , comenzando con la certificación LEED se tiene que el 58.33% tiene conocimiento de esta, el 16.67% conoce la certificación BREEAM y WELL, y el 12.50% la certificación VERDE, cada uno de estos porcentajes fue con referencia en al total.

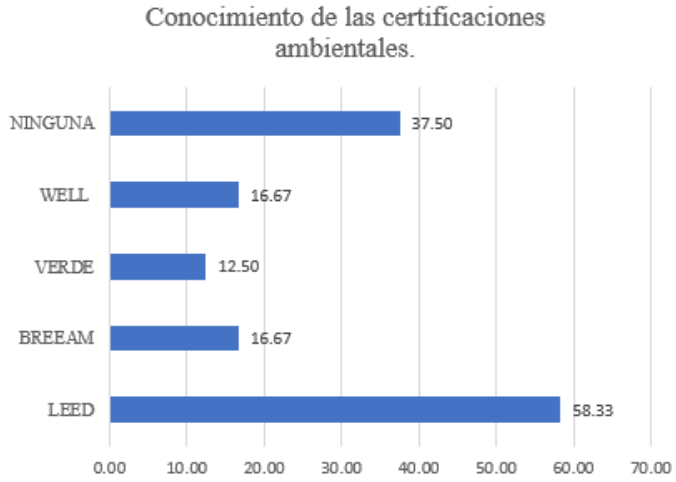


Figura 2. Conocimiento de las certificaciones ambientales.

En cuanto a la conciencia de haber trabajado con alguna de las certificaciones solo el 29.2% tiene la seguridad de haber trabajado en base a estas certificaciones, el 58.3% dice que no ha trabajado con ellas y el 12.5% no sabe si ha desarrollado trabajos con referencia estas certificaciones.

El 62.5% de las respuestas se basaron en edificios nuevos y existentes, el 20.83% Residenciales y/o multifamiliares, el 12.5% en Espacios educativos o institucionales y solo el 4.16% en edificaciones restauranteras.

De los aspectos que se evaluaron basados en la Localización, transporte y acceso a espacios de recreación (Figura 3), obtuvimos que el de las construcciones que fueron evaluadas el 54.17% cuenta con Acceso a áreas públicas, el 50% cuentan con Acceso a transporte público de calidad, el 37.5% con algún modo de transporte alternativo, el 33.33% con huella de aparcamiento limitada y proximidad a servicios, el 20.83% con circulación interna para actividades físicas, y el 16.67 % cuenta vehículos sostenibles, todos estos porcentajes se dieron en relación al total.

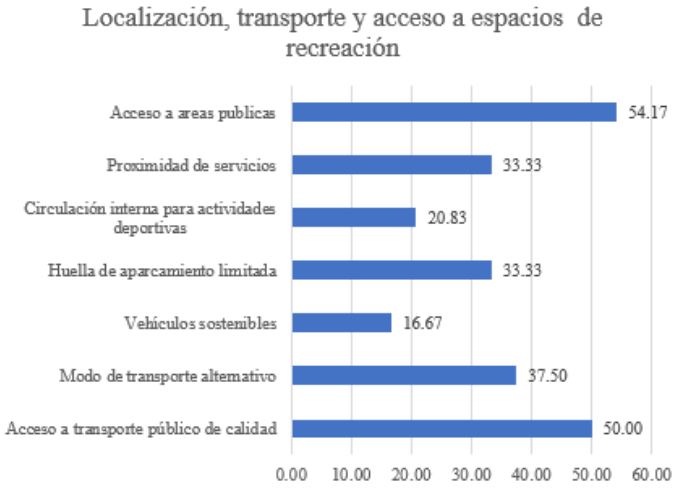


Figura 3. Localización, transporte y acceso a espacios de recreación.

En cuanto a la Gestión, uso de suelo y ecología de las parcelas (Figura 4), se obtuvo que el caso del 66.67% se realizó la evaluación del impacto ambiental de la parcela, en el 54.17% de los casos se previno la contaminación, provocada por las actividades de la contaminación, en el 50% se usan plantas para crear espacios con sombra, en el 41.67% se gestiona el agua de lluvia, para el 29.17% se consideró el coste y la planificación del ciclo de vida, considerando a su vez un impacto positivo a largo plazo en la biodiversidad, finalmente en el 20.83% se

mejoró la ecología del emplazamiento, todos estos porcentajes fueron calculados en referencia al total.

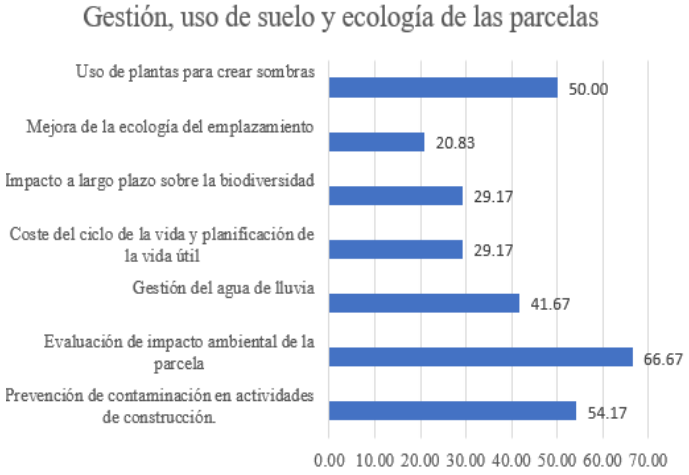


Figura 4. Gestión, uso de suelo y ecología de las parcelas.

De acuerdo con la evaluación de los aspectos basados en la eficiencia del agua (Figura 5), se obtuvo que el 87.50% cuenta con una buen calidad y tratamiento del agua, el 50% tiene equipos eficientes para el consumo de este recurso, así mismo cuenta con sistemas que ayudan a la reducción del consumo de agua en el exterior, y solo el 25% tiene sistemas para la medición del consumo en todo el edificio y uso de materiales reciclados, todos los porcentajes fueron calculados en función del total.

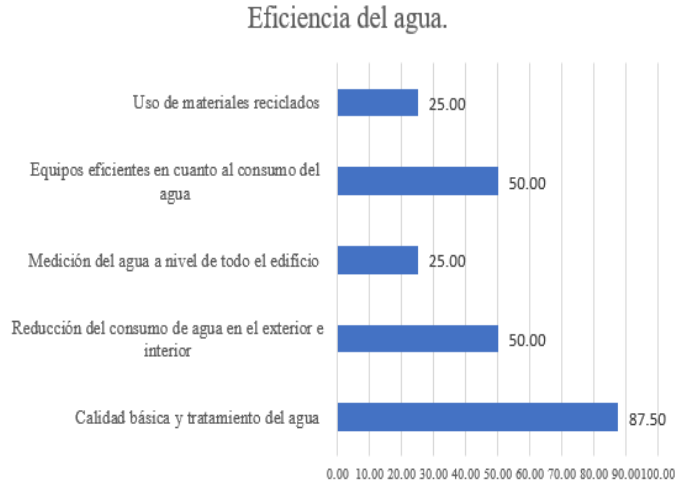


Figura 5. Eficiencia del agua.

De los aspectos basados en la Energía y la atmosfera (Figura 6), se obtuvo que el 66.67% cuenta con controles sobre la luz solar y eléctrica, el 54.17% tienen derecho a la luz natural, el 41.67% cumple con la demanda de calefacción, refrigeración y control de humedad, el 39.1% tiene sistemas de medición de la energía a nivel de todo el edificio, el 29.17% tiene control de microbios y moho, el 16.67% logra cubrir la mínima eficiencia eléctrica y reducir la contaminación lumínica, y solo el 12.5% cuenta con tecnologías capaces de emitir emisiones bajas de carbono o en su defecto cero emisiones, todos los porcentajes fueron calculados en función del total.

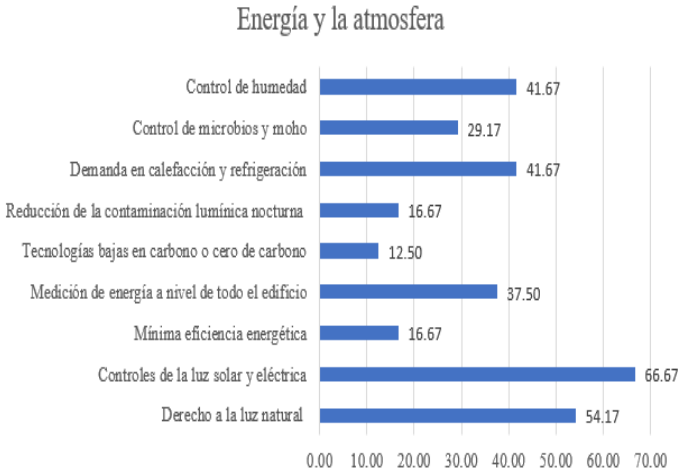


Figura 6. Energía y atmosfera.

De la evaluación de los Materiales y recursos de la construcción (Figura 7), se tuvo que el 66.67% se llevó acabo el almacenamiento y recogida de reciclables, a su vez se logró la planificación de la gestión de los residuos, en el 37.5% tuvo un Diseño orientado a la protección y Reducción del impacto del ciclo de vida del edificio y el 33.33% cuenta con una buna gestión de residuos tanto de construcción como urbanos.



Figura 7. Materiales y recursos.

Analizando la Calidad Ambiental Interior (Figura 8), el 79.17% tiene una ventilación natural eficaz, el 70.83% cuenta con iluminación natural, el 66.67% es térmicamente confortable, el 58.33% es eficiente en los espacios, el 45.83% tiene control sobre el humo del tabaco, el 41.57% es lumínicamente confortable y cuenta con belleza y diseño, el 16.67% cumplen con la mínima eficiencia en el la calidad del aire y la acústica, todos los porcentajes fueron calculados en referencia al total.

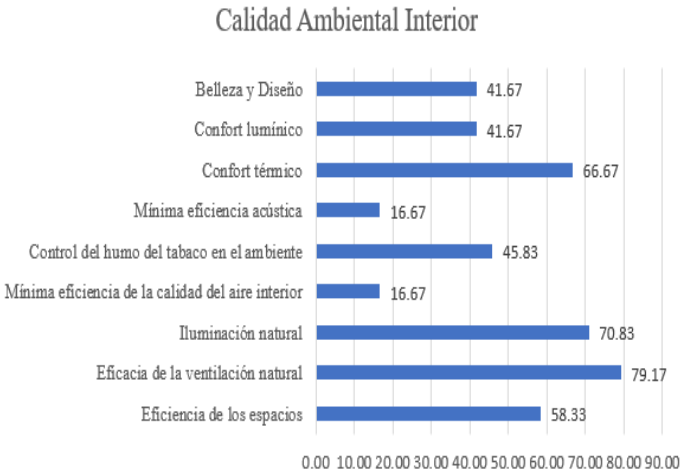


Figura 8. Calidad Ambiental Interior.

Y finalmente, se evaluó si la construcción era innovadora o no, el 87.5% considero que si eran innovadoras las construcciones evaluadas y solo el 12.5% no lo considero así.

Conclusiones

De los resultados obtenidos se pudo observar una gran problemática, el desconocimiento de las certificaciones, esto se agrava con el paso del tiempo aún más, ya que conforme se va creciendo a nivel infraestructura el daño ambiental lo va haciendo de manera exponencial, ya que no se detiene cuando la construcción se da por terminada ni cuando su ciclo de vida termina.

Al ignorar estas certificaciones, es cuando se empieza a crear una problemática de manera potencial, ya que, si bien por cuestiones de funcionalidad o por requerimientos del uso que se le dará a la construcción, se diseña con ciertos parámetros que entran dentro de los aspectos básicos de estas certificaciones, pero se dejan de lado el resto.

Con los resultados obtenidos también se pudo observar que en los aspectos a considerar donde de manera general se cuenta con mayores deficiencias es respecto a la Localización, transporte y acceso a espacios de recreación, seguido de la gestión, uso de suelo y ecología de las parcelas, y de igual manera el aspecto relacionado con la energía y la atmosfera.

De los aspectos en los que se tuvo resultados en su mayoría satisfactorios, ya que en su mayoría las edificaciones evaluadas cumplen de manera general, es con la eficiencia del agua, Materiales y recursos involucrados en el desarrollo, la calidad ambiental interior y la innovación.

De las referencias de las edificaciones evaluadas en la encuesta se pudo observar que en los distintos estados de la República Mexicana se acentúan de manera similar las mismas deficiencias, lo que nos hace concluir que la problemática va desde el seguimiento de los diseños característicos de nuestro país, ya que el predominante desconocimiento de las certificaciones ambientales no permite diseñar de total manera en pro de la mejora tanto ambiental como para el uso del inmueble.

Con esto se comprueba que si se lograra o se trabajara para cumplir con la mayor parte de los requerimientos estandarizados que disponen las instituciones como LEED, BREEAM, VERDE y WELL se lograría un mayor ahorro en los recursos armonizando de manera extraordinaria el entorno social, ambiental y económico.

Referencias

Annez, P. C. (2018). *Urbanization and growth: Setting the context.* China : https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7573-0. Obtenido de https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7573-0

Castán, J. A. (2016). Improving vehicular mobility in urban traffic using ubiquitous computing. *Journal of Computer and Communications* , 57-62.

GBCe-ISOVER. (2014). *LANA DE ROCA ISOVER.* Guadalajara : Green building council españa.

ISOVER Saint-Gobain. (2019). *Certifi caciones Ambientales LEED, BREEAM, VERDE Y*

WELL. GUADALAJARA-ESPAÑA: ISOVER .

Method, A. G. (2018). *AISLAMIENTO PARA CONDUCTOS DE CLIMATIZACIÓN (ISOVER)- WELL*. Madrid : Architectural Green Method.

Nations, U. (2014). *World urbanization prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).* New York. United States of America: https://doi.org/10.4054/DemRes.2005.12.9.

The Royal Society. (2019). *Climate updates.* LONDON .

UNECE. (2015). *The city prosperity initiative: 2015 global city report. .* Nairobi.

Problemática de pañales desechables en México y su Normatividad.

Autoría:

Angélica Rocío SERRANO FARFÁN

Correo: angelica.serranofa@hotmail.com

Estudiante de la Maestría en Diseño e Innovación, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería.

M. en C. Alejandra NIVÓN PELLÓN

Correo: alejandra.nivon@uaq.mx

Profesora de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Centro, Facultad de Ingeniería.

Resumen: Los pañales desechables son la solución moderna para mantener la piel de los bebés seca y limpia. Debido a su eficiencia y eficacia han tomado un lugar importante dentro del consumo de productos para el cuidado de bebés. Son eficientes, ya que un solo pañal pueden mantenerlo limpio y seco hasta por doce horas y son eficaces porque los materiales de fabricación son impermeables, flexibles, resistentes y altamente absorbentes. Si bien estas son ventajas para el diseño de capas del pañal desechable, éstas se convierten en barreras que impiden su degradación, retardándola hasta por 600 años, acumulándose en los rellenos sanitarios, es por esto que el 14 % de los de los residuos sólidos generados en México correspondan a este residuo. Actualmente, no existe una gestión para este tipo de residuos, y la Norma Oficial Mexicana pertinente a este tipo de productos está enfocada a la información comercial declarada en la etiqueta, y a las especificaciones de envasado y empaquetado, dejando de lado el impacto ambiental de este producto. Si este producto se regulara, ayudaría a reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, enfocándose en la calidad del aire y a la gestión de los desechos municipales que es parte de los objetivos que aprobó México junto con los Estados Miembros de las Naciones Unidas, en la agenda 203. Consecuentemente resulta pertinente diseñar normas que regulen el uso de materiales biodegradables y certificaciones ecológicas como las ecoetiquetas con el fin de consumir y producir de forma sostenible.

Palabras claves: pañales desechables, Norma Oficial Mexicana, normativa, análisis de ciclo de vida, ecoetiqueta, agenda 2030.

Abstract: Disposable diapers are the modern way to keep the baby´s skin clean and dry. Due to its efficiency and effectiveness they have taken an important place in the consumption of baby care products. They are efficient, since a single diaper can keep clean and dry the baby´s skin for up to twelve hours and they are effective because the materials of manufacture are waterproof, flexible, resistant and highly absorbent. Although these are advantages of the layered design of the disposable diapers, they become barriers that prevent its degradation, delaying it for up to 600 years, accumulating in sanitary landfills, which is why 14% of the solid waste generated in Mexico correspond to this residue. Currently, there is no management for this type of waste, and the Official Mexican Norm pertinent to this type of products is focused on the commercial information declared on the label, and the packaging specifications, leaving aside the environmental impact of this product. If this product were regulated, it would help to accomplish the objectives declared by Mexico together with the Member States of the United Nations, in the 2030 agenda. Reduce the negative per capita environmental impact of cities, focusing on air quality and the management of municipal waste is one of the objectives. Consequently, it is pertinent to design norms or regulations that establish biodegradable materials, waste management and eco-label type certifications in order to consume and produce in a sustainable way.

Key words: disposable diapers, Official Mexican Norms, Life cycle assessments, ecolabelling, 2030 agenda.

I. Introducción

El actual diseño del pañal desechable es el resultado de un proceso ingenieril de más de ocho décadas que ha logrado desarrollar desde el diseño en forma de reloj de arena hasta la implementación de polímeros superabsorbentes, eficientando el tiempo de uso de cada pañal hasta por doce horas (Sotelo Navarro, 2017). Los principales objetivos de los pañales desechables son: absorber y retener los desperdicios que elimina el organismo de los bebés.

Por más de ocho décadas la industria pañalera ha desarrollado tecnología en materiales para que los pañales sean más ligeros, compactos, altamente absorbentes, resistentes a filtraciones y fáciles de usar, debido a esto se ha adoptado como una forma efectiva para mantener a los bebés secos y limpios diariamente (EDANA, 2019). Debido a su eficiencia y eficacia se ha adoptado por el 95 % de los padres en países desarrollados como la solución para mantener la piel de los bebés saludable. Los beneficios que ofrecen los pañales desechables a la sociedad moderna son extensos, aunque el más importante y la razón por la cual ha tenido gran aceptación en el mercado es su forma de uso, ya que no requiere mantenimiento previo ni posterior al uso (SEMARNAT, 2016).

I. Innovación en los pañales desechables para bebés

La piel del bebé es especialmente sensible y es susceptible a la irritabilidad, manchas, resequedad, y erupciones, esto debido a la madurez en la que se encuentra al nacer el bebé, ya que ésta es cinco veces más delgada que la de un adulto. “Gracias a la aparición de los pañales de celulosa desechables, ha disminuido notablemente la frecuencia de la dermatitis del pañal en comparación con la época de los pañales tejidos.” (Muñoz, 2003).

La dermatitis provocada por el uso de pañal está relacionada con la excesiva hidratación de la piel, el daño que genera la fricción de los materiales con la piel del bebé, y el aumento del nivel del PH de la mezcla de la orina con las heces fecales. Estos son los factores que detonan la inflamación, que es un mecanismo natural que trata de reparar la piel, pero al no detener el proceso, esto genera dermatitis y/o dermatitis severa (Blume-Peytavi & Kanti, 2018). Debido a esto, la innovación en pañales se ha enfocado en mejorar la absorción y aminorar el regreso de humedad. aumentado el desarrollo de tecnología para diseñar materiales más absorbentes y ligeros que puedan ser utilizados en pañales desechables (Mendoza J. M., D´Aponte, Gualtieri, & Azapagic, 2018). Sin embargo, la implementación de biomateriales al diseño de capas de los pañales desechables no se ha llevado a cabo. La innovación y desarrollo de materiales altamente biodegradables es imperante cuando se conoce que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016) indica que el 14 % de los residuos sólidos que se generan en México corresponde a pañales desechables.

Un bebé en promedio, utiliza alrededor de 4 pañales diarios, por lo tanto, en un año utilizará 1,460 piezas y en dos años 2,920 (Procuraduría Federal del Consumidor, 2019). Si consideramos que en 2018 nacieron más de 2 millones de niñas y niños (Conaco y Servytur México, 2018) y en México este producto tiene una penetración en el mercado del 68%, se calcula que, en 12 meses, más de 5 billones de pañales fueron desechados (Vázquez Morillas, Espinosa Valdemar, Beltrán Villavicencio, & Velasco Pérez, 2016).

El pañal desechable ha eficientado los recursos, aumentado su capacidad de absorción y eliminando los escurrimientos y fugas eficazmente además de mejorar la calidad de vida de los bebés, pero al ser un producto que responde a la demanda de un segmento de mercado de masas, el cual consume y desecha en un corto tiempo, los materiales no son adecuados ya que son altamente contaminantes y poco degradables, siendo incoherentes a la crisis ambiental que enfrenta la humanidad, por esto es necesario regular su ciclo de vida, materiales y crear certificaciones dictadas a partir de un marco normativo.

Reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades, enfocando esfuerzos en mejorar la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales es

parte de los objetivos de la agenda 2030, así como disminuir la generación de desechos mediante políticas de prevención, reducción, reciclaje y reutilización. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible fueron planteados en un llamamiento a los Miembros de las Naciones Unidas en el 2015 debido a la crisis ambiental que se enfrenta a nivel mundial (Gobierno de México, 2020). Por las razones anteriores es importante y pertinente visibilizar las Normativas y prospectar opciones regulatorias o certificaciones que ayuden a México a garantizar modalidades de consumo y producción sostenible para este tipo de productos desechables.

II. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de artículos científicos, Normas Oficiales Mexicanas y revistas indexadas como técnica exploratoria y analítica para obtener información relevante sobre: la producción de pañales, diseño del producto, materiales empleados, impacto ambiental, regulaciones y normativas que deben cumplir en la actualidad los pañales desechables para bebés para su comercialización en el territorio mexicano y así visibilizar la normativa que regula el impacto ambiental de este tipo de desecho en México y prospectar certificaciones y normas que cumplan con los objetivos de desarrollo sostenible.

III. Resultados

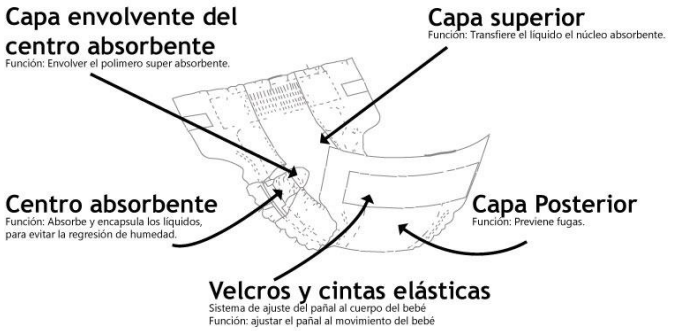
3.1. Componentes y materiales de un pañal desechable para bebés.

Como parte de la metodología se presenta la revisión de la literatura del diseño de capas, y los materiales empleados en los pañales desechables.

El diseño de los pañales desechables es muy similar entre las marcas representativas del mercado, por esto las capas y los componentes de los pañales pueden ser bien identificadas.

Figura 1.

Capas y elementos de un pañal desechable para bebés. Elaboración propia, con información de EDANA (2019).



En la Figura 1, se identifican las capas principales de un pañal desechable para bebés: la capa superior, la cual está en contacto con la piel del bebé, su función es permitir el paso de fluidos a la siguiente capa, que es la capa de distribución que permite al polímero super absorbente saturarse de manera uniforme; la tercera capa es el centro absorbente fabricado a partir de un polímero que puede absorber 300 veces su peso en seco (Pozos Vázquez, Blanco Padilla, Mercado González, & Vélez Martínez, 2018), la cuarta capa es impermeable, que evita que los líquidos se filtren al exterior del pañal (Sotelo Navarro, 2017).

Como lo indica EDANA (2019), las capas que conforman a los pañales desechables para bebés están fabricadas a partir del polietileno y el polipropileno, los cuales pueden tardar hasta 500 años en descomponerse (Vázquez Morillas, Espinosa Valdemar, Beltrán Villavicencio, & Velasco Pérez, 2016).

El desarrollo de polímeros sintéticos es uno de los grandes avances del siglo XX y debido a sus características los hacen muy versátiles. Sin embargo, el que este material provenga de fuentes no renovables y sea altamente resistente a la corrosión, oxidación y descomposición bacteriana lo hace un material poco amigable con el medio ambiente, obligando a la industria a buscar nuevas propuestas de biopolímeros que satisfagan los requerimientos de diseño de cada producto (Vázquez Morillas, Espinosa Valdemar, Beltrán Villavicencio, & Velasco Pérez, 2016).

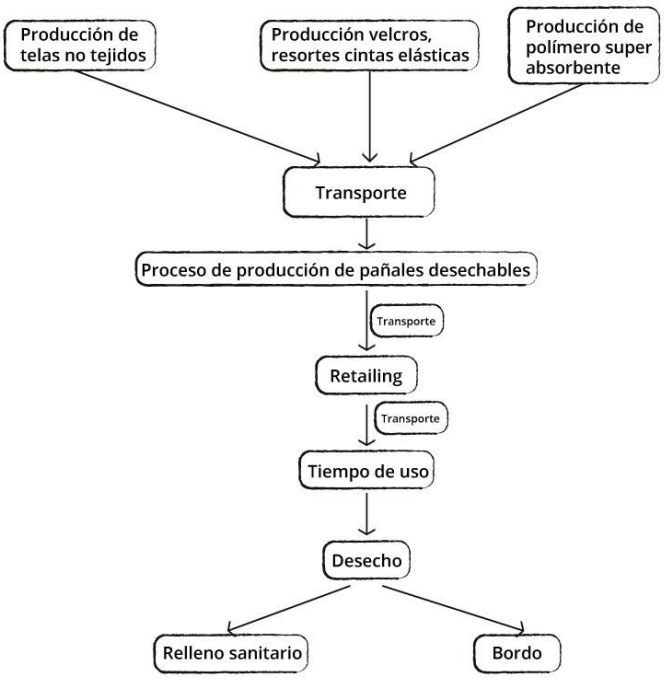
La necesidad de sustituir los polímeros por biopolímeros o por materiales que provengan de fuentes renovables empieza a ser una prioridad por parte de las industrias que fabrican productos desechables. Esto se debe a la estrategia de consumo por parte de las empresas, ya que existe un creciente interés de los consumidores por buscar nuevas alternativas que mantengan a los bebés limpios y secos (Mirabella, Castellani, & Sala, 2013).

3.2.Análisis de ciclo de vida de pañales desechables (Life Cycle Assessment).

El análisis de ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés) debería ser proyectado antes de comercializar algún producto, especialmente en aquellos, cuyo tiempo de vida útil es corto como en el caso de los pañales desechables para bebés (Cordella, Bauer, Lehmann, Schulz, & Wolf, 2015).

Figura 2.

Diagrama del análisis de ciclo de vida de un pañal desechable para bebés.



En la Figura 2, se describe el ciclo de vida (LCA) de un pañal desechable para bebé, el cual inicia en la extracción y proceso de las materias primas que son: el polímero super absorbente, polipropileno y polietileno, que son empleados en la fabricación de las telas no tejidas, elásticos, velcros y pegamentos. Posteriormente, estos materiales son llevados a las plantas de producción de cada compañía, para que finalmente se ensamblen las capas y sean recortadas a la talla y al diseño de fabricación. Para distribuir los pañales, estos son envasados en bolsas de polietileno para que finalmente sean embalados en cajas de cartón que serán distribuidos en los puntos de venta en el territorio mexicano. El tiempo de vida útil o tiempo de uso del producto promedio de cada pañal desechable es de seis horas, que, al finalizar, es desechado para ser llevado a los rellenos sanitarios o a los bordos.

El modelo lineal de uso y desecho de productos conocidos como de la Cuna a la Tumba o Cradle-to-Grave (C2G), el cual se ha demostrado que no es sostenible debido a que los materiales que se emplean en el diseño de los pañales desechables, no se recuperan o se reciclan y son llevados a los vertederos sin generar valor, mientras que el modelo circular, de Cuna a Cuna conocido internacionalmente como: Cradle-to-Cradle (C2C) propone un crecimiento económico que puede lograrse de manera sostenible mediante el diseño y la fabricación de productos dentro de un ciclo cerrado de materiales, que en última instancia, al final de su ciclo de vida, vuelvan a ser considerados materias primas. La tecnología de estos productos llega al consumidor de una forma lineal, en el que las empresas generan productos innovadores (trainees, pull-ups, ultrasecos, entre otras) con recursos de diferentes partes del mundo, arrojando al mercado productos globalizados que son generados de la explotación de los recursos naturales de una forma desmedida (Gavito, *et al.*, 2017).

Diseñar productos desechables C2C desde su fase de planeación, vida útil y el final de su vida es imperante para el diseño de productos desechables como los son los pañales (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018).

La Agencia de Residuos Públicos de Flandés, Bélgica, desarrolló una herramienta llamada Ecolizer 2.0, por medio de puntos evalúa la carga ambiental de los productos diseñados, para identificar que etapa del

ciclo de vida del producto tiene mayor impacto. Existen más de ciento cinco formas de analizar el ciclo de vida de los productos. Estas herramientas son estrategias que los diseñadores y las industrias deberían emplear para aminorar la carga ambiental de sus productos y/o producir bajo el modelo de Cuna a Cuna C2C (OVAM, 2020).

Según un estudio de análisis de ciclo de vida de ecoeficiencia y economía circular ha demostrado que al eliminar un elemento del diseño de los pañales desechables como el pegamento, podría reducir su impacto ambiental, aumentando su eco eficiencia de un 7% a un 170 % (capital/impacto), esto se debe a que se eliminaría la extracción, la manufactura, el procesamiento y el transporte de un elemento del diseño del pañal, reduciendo así la carga ambiental y aumentando la eficiencia económica del producto (Mendoza J. , D´Aponte, Gualtieri, & Azapagic, 2018).

Las tecnologías desarrolladas para los pañales desechables han sido altamente contaminantes: generan riesgos sanitarios, erosionan la diversidad biológica y cultural, agotan los recursos naturales y, en consecuencia, no conservan los recursos, no mejoran la calidad de vida, ni son sostenibles (Gavito *et al*., 2017). La gravedad del problema es la falta de comunicación de estos aspectos al consumidor, excluyéndolo de la responsabilidad de consumir productos desechables.

> Las decisiones de compra bien informadas por parte de los consumidores pueden guiar a la industria para generar más y mejores productos y servicios responsables con el medio ambiente y la sociedad. De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización, los consumidores están cada vez más interesados en los atributos menos tangibles de los productos, como, por ejemplo, los aspectos éticos y ambientales." (Alianza del Pacífico. Fondo de Cooperación Chile México, 2017)

Tomando en cuenta lo anterior, pertinente y deseable es el diseño de una normativa que regule y evalúe el análisis de ciclo de vida (LCA) y evalúe el impacto ambiental de los productos comercializados dentro del territorio mexicano, en lugar de permitir ciertos niveles de contaminantes en el aire al incinerar residuos sólidos como la NOM-098-SEMARNAT-2002 (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2004),(Alianza del Pacífico. Fondo de Cooperación Chile México, 2017) (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018).

3.3.Normativa de pañales desechables.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que regulan el comercio dentro del territorio mexicanos pertinentes a pañales desechables están relacionadas con la información que el fabricante brinda en su empaque (Secretaría de Economía, 2019). A continuación, se enlistan las Normas Oficiales Mexicanas:

- NOM-002-SCFI-2011 "Productos preenvasados - Contenido neto - tolerancias y métodos de verificación."
- NOM-030-SCF-2006 "Información comercial - Declaración de cantidad en la etiqueta – Especificaciones."
- NOM-050-CFI-2004 "Información comercial – Disposiciones generales para productos"

Además de las Normas Oficiales Mexicanas, se pueden analizar las Normas Mexicanas (NMX) las cuales son emitidas por El Instituto Nacional de Normalización Textil, el cual se encarga de diseñar, distribuir y vender las normas pertinentes a pañales y a auxiliares absorbentes de orina. (Instituto Nacional de Normalización Textil, A.C., 2020).

Las Normas Mexicanas (NMX), son métodos de prueba de laboratorio que miden la capacidad máxima de absorción de líquido que retiene en su interior al saturarse el material absorbente de los pañales, la regresión de humedad al absorber cierta cantidad de líquido y la velocidad de absorción, sin embargo, estas no son obligatorias para su comercialización en el país. El uso de estas normas es específico de las compañías productoras de pañales desechables, ya

que son pruebas para verificar la calidad del pañal que están comercializando (Secretaria de Economía, 2016). A continuación, se hace una lista de Normas Mexicanas referentes a las características de los pañales desechables.

- NMX-A-024-INNTEX-2012 "Industria textil-No Tejidos - Pañales - Determinación del regreso de humedad y velocidad de absorción en pañales desechables para bebé-Método de prueba."

- NMX-A-049/1-INNTEX-2009 "Industria Textil - Auxiliares absorbentes de orina - Parte 1 - ensayo en producto completo."

- NMX-A-259/2-INNTEX-2009 "Industria Textil - Determinación del pH del extracto acuoso Parte 2- pH de pañales y toallas higiénicas desechables - Método de prueba."

3.4.Ecoetiquetas

Las ecoetiquetas son un tipo de certificación ecológica que valida un proceso de calidad. Es otorgada a productos o servicios que son menos dañinos al medio ambiente que sus competidores. Es una autoridad certificada la que otorga la ecoetiqueta y lo hace analizando el ciclo de vida del producto, desde la extracción hasta su desecho y tratamiento (OVAM, 2020). El objetivo de las ecoetiquetas es que los productos que cumplen con estos procesos amigables con el medio ambiente sean reconocidos con un logo especial en el empaque y puedan ser identificados por el consumidor. Las ecoetiquetas son una estrategia que los países estas implementando para impulsar productos cuyo ciclo de vida tiene un impacto ambiental menor que sus competidores. Alrededor del mundo éstas empiezan a tomar importancia para los consumidores como por ejemplo la ecoetiqueta *The Nordic Ecolabel* la cual es reconocida por el 95% de los consumidores de los países nórdicos (Martínez Rodrígez, Mayorga-Pérez, Vera-Martínez, & García Morales, 2018).

3.5.Las ecoetiquetas en México.

México cuenta con sus propias certificaciones y ecoetiquetas que son relevantes para el medio ambiente como la etiqueta Orgánico SAGARPA México, certificada por la Ley de Productos Orgánicos y la ecoetiqueta Mariposa Monarca, basada en la Norma Mexicana NMX-N-107-SCFI-2010 que establece el contenido mínimo de fibra reciclada para la fabricación de papel que varía entre el 50 % y el 80 % (Alianza del Pacífico & Fondo de Cooperación Chile México, 2017).

Estas ecoetiquetas, son un antecedente que certifican con base en Normas Oficiales Mexicanas y Leyes que regulan los productos comercializados dentro del territorio mexicano, que podría utilizarse en productos desechables. México cuenta con ecoetiquetas para un consumo sustentable en seis segmentos de consumo:

- Alimentos y bebidas
- Cosméticos y cuidado personal
- Limpieza
- Papel, muebles y construcción
- Energía y electrónicos
- Etiquetas para empresas

Sin embargo, los productos desechables como los pañales no están considerados en ninguna de estas clasificaciones, cuando este tipo de producto genera un porcentaje importante de residuos sólidos como se analizó anteriormente, la extracción de materias primas de fuentes no renovables, su transporte, su tiempo de vida útil y su forma de desecho tienen una gran carga ambiental.

3.6.Prospectiva de ecoetiquetas en pañales desechables.

Los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030 indican que se debe fortalecer la capacidad científica y tecnológica para disminuir la generación de desechos, por esto, el análisis de ciclo de vida y la normativa deberían ser una estrategia para defender los recursos de las generaciones futuras que actualmente se están consumiendo en productos desechables. Fomentar el conocimiento de este tipo indicadores a los consumidores tendría como

consecuencia un consumo responsable (Gobierno de México, 2020).

El diseño del pañal desechable, la forma como se produce, transporta y desecha no es sostenible. Obtener materia prima de fuentes no renovables para utilizarla en productos que su tiempo de vida útil es de seis horas, ha dado como resultado la crisis ambiental que aqueja la humanidad.

Las capas de los pañales desechables son fabricados a partir del polietileno y polipropileno (polímeros), los cuales deberían ser degradables para recuperar materia orgánica, como se indica en: **NMX-E-273-NYCE-2019,** la cual establece las especificaciones mínimas de los plásticos que son adecuados para la recuperación orgánica a través de composteo aeróbico.
Son cuatro características que evalúa la Norma Mexicana para que los plásticos puedan ser catalogados como compostables:

1) Biodegradación.
2) Desintegración durante el composteo.
3) Efectos negativos sobre el proceso de composteo.
4) Efectos negativos sobre la calidad de la composta, incluyendo la presencia de altos niveles de metales regulados y otros componentes dañinos (Normalización y Certificación NYCE, S.C., 2020).

La norma establece que es aplicable a todos los productos y materiales plásticos compostables que se fabriquen, comercialicen y distribuyan en territorio nacional mexicano, esta podría ser la base para diseñar una etiqueta para productos desechables como los pañales, debido al volumen que se produce y desecha. Esto obligaría a las empresas a diseñar productos de vida útil corta con materiales altamente biodegradables, que generarían un residuo valorizado como por ejemplo la composta. El objetivo de las etiquetas para un consumo sustentable es usar la mercadotecnia como herramienta para destacar productos cuyo proceso de producción sea amigable con el medio ambiente y que representen una menor carga para el medio ambiente.

IV. Discusión de Resultados

El objetivo de esta revisión es visibilizar la normativa existente para comercializar pañales desechables en el territorio mexicano y así prospectar una normativa que regule y establezca los lineamientos y requerimientos de pañales desechables con el fin de lograr los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030.
Se encontró en este estudio que Las Normas Oficiales Mexicanas no regulan:

- Los materiales para el diseño de productos desechables.
- El análisis de ciclo de vida (LCA) de los productos.
- Gestión de estos residuos.
- Indicadores aplicables a productos de este tipo que reflejen el daño ambiental provocado por los procesos productivos.

La Norma Mexicana **NMX-E-273-NYCE-2019,** indica las características que deben tener los materiales para que puedan ser catalogados adecuados para la recuperación orgánica por medio del composteo aerobio, generando un residuo valorizado, que podría ayudar a otro sector a aminorar su impacto ambiental y cerrar el ciclo de vida de producto de cuna a cuna, siendo un indicador de eco-eficiencia que funciona como estrategia para regular el impacto de las empresas mexicanas, obteniendo beneficios al eficientar sus procesos y recursos (Martínez Rodrígez, Mayorga-Pérez, Vera-Martínez, & García Morales, 2018).

V. Conclusiones

El pañal desechable es un producto que ha ayudado a mejorar la calidad de vida de las familias modernas, sin embargo, el consumo de este producto está provocando la contaminación del aire y de los suelos debido a que:

- La extracción de los materiales para la fabricación de este producto es de fuentes no renovables.

- Los materiales empleados para la fabricación son vírgenes, ninguno es reciclado o reutilizado.
- La corta vida útil del producto (seis horas).
- Los materiales son resistentes a la degradación.

México es un país que se interesa por salvaguardar los recursos naturales y por esto ha implementado normas y leyes que sustentan ecoetiquetas, lo cual indica que es posible diseñar un agente, gubernamental fundamentado en normas y procesos amigables con el medio ambiente, que certifique y regule el desecho de los productos desechables que se generan a partir de una actividad comercial.

Por otro lado, México es parte de los países que se comprometieron en alcanzar los objetivos de la agenda 2030, un gran avance en el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles se lograría si este tipo de productos desechables fueran regularizados y se fomentar la capacidad científica y tecnológica de las empresas para desarrollar materiales adecuados al tiempo de vida útil del producto.

Si se impulsa a las ecoetiquetas con base en las Normas Oficiales Mexicanas, las compañías elaboradoras de productos desechables avanzarían hacia el desarrollo de procesos limpios, logrando productos cuyo ciclo de vida tendría menor impacto que los actuales que se comercializan, y podrían aminorar significativamente la cantidad de residuos sólidos generados.

VI. Referencias

Alianza del Pacífico. Fondo de Cooperación Chile México. (2017). Guía de Etiquetas para un Consumo Sustentable.

Blume-Peytavi, U., & Kanti, V. (2018). Prevention and treatment of diaper dermatitis. *Wiley Pediatric Dermatology*, 19-23. doi:https://doi.org/10.1111/pde.13495

Conaco y Servytur México. (2018). Indicadores Querétaro. 0-9.

Cordella, M., Bauer, I., Lehmann, A., Schulz, M., & Wolf, O. (2015). Evolution of disposable baby diapers in Europe: life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement. *Journal of Cleaner Production, 95*, 322-331. Obtenido de (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

EDANA. (2019). Recuperado el 3 de marzo de 2020, de Baby diapers. The benefit of baby diapers: https://www.edana.org/nw-related-industry/nonwovens-in-daily-life/absorbent-hygiene-products/baby-diapers

Gobierno de México. (2020). *México agenda 2030*. Recuperado el 19 de 11 de 2020, de https://www.gob.mx/agenda2030

Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life Cycle Assessment.* Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-56475-3

Instituto Nacional de Normalización Textil, A.C. (2020). *INNTEX*. Obtenido de http://inntex.infored.mx/1925639_INNTEX.html

Martínez Rodrígez, M. C., Mayorga-Pérez, O., Vera-Martínez, M. C., & García Morales, M. I. (2018). Eco.etiquetado y productos verdes: Desarrollo y competitividad. *Tecnología en marcha, 31*(2). doi:http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i2.3626

Mendoza, J. M., D´Aponte, F., Gualtieri, D., & Azapagic, A. (2018). Disposable baby diapers: Life cycle costs, eco.efficiency and circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 1-23. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.146

Mendoza, J., D´Aponte, F., Gualtieri, D., & Azapagic, A. (2018). Disposable baby diapers: Life cycle costs, eco-efficiency and circular economy. *Journal of Cleaner Production*. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.146.

Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (febrero de 2013). Life cycle assessment of bio.based products: a disposable diaper case study. *Int J Life Cycle Assess*(18), 1036-1047. doi:https://doi.org/10.1007/s11367-013-0556-6

Muñoz, M. J. (2003). Higiene y cuidados de la piel del bebé. *Elsevier, 22*(3), 6. Recuperado el 24 de marzo de

2020, de https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-higiene-cuidados-piel-del-bebe-13044453

Normalización y Certificación NYCE, S.C. (6 de mayo de 2020). *Publican NMX de plásticos compostables*. Recuperado el 12 de octubre de 2020, de https://www.nyce.org.mx/publican-nmx-de-plasticos-compostables/#iLightbox[gallery32851]/null

OVAM. (2020). *Define the environmental impact of your product and make a difference!* Recuperado el 21 de 11 de 2020, de ecolizer tool: http://www.ecolizer.be/

Pozos Vázquez, C., Blanco Padilla, P., Mercado González, M., & Vélez Martínez, G. A. (2018). Almohadilla desechable biodegradable a ser usada en un pañal ecológico. *European Scientific Journal, 14*, 37-47. doi:10.19044/esj.2018.v14n12p37

Procuraduría Federal del Consumidor. (2019). Pañales desechables para bebé. *Con lo mejor de la revista del Consumidor*, 9.

Secretaria de Economía. (2016). *Gobierno de México*. Recuperado el 21 de 3 de 2020, de https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion

Secretaría de Economía. (2019). *Diario Oficial de La Federación.* Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5263188&fecha=10/08/2012

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental - incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.* Distrito Federal: Diario Oficial.

SEMARNAT. (19 de enero de 2016). *Residuos sólidos urbanos: la otra cara de la basura.* Recuperado el 2020, de https://www.gob.mx/semarnat/galerias/residuos-solidos-urbanos-la-otra-cara-de-la-basura-18815

Sotelo Navarro, P. X. (2017). *Producción de bioH2 por fermentación oscura a partir de pañales desechables usados.* Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.

Vázquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R., Beltrán Villavicencio, M., & Velasco Pérez, M. (2016). *Bioplásticos y plásticos degradables.* UAM Azcapotzalco y la Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. doi:10.13140/RG.2.1.1294.4241

METODOLOGÍA DE INSTRUMENTACIÓN DE TANQUES DE PRODUCCIÓN

Paula Soto Máximo*. Raúl Ramírez López. **
Miguel Ángel González Ortiz. ***
**Tecnológico Nacional de México/Campus Querétaro, CP76000 México;*
(e-mail: m19141451@itq.edu.mx)
*** Tecnológico Nacional de México/Campus Querétaro, C76000 México;*
(e-mail: raulramirezlopez@mail.itq.edu.mx)
**** Tecnológico Nacional de México/Campus Querétaro, C76000 México;*
(e-mail: migue.gortiz@gmail.com)

Abstract

The application of this work will be destined to an Automation Company of the State of Querétaro. This project focuses on developing an industrial instrumentation selection methodology to measure process variables, such as level and flow. In addition to Identifying communication and connectivity trends on sensors, with the aim of integrating them into a single architecture and with this contribute to solutions to Industry 4.0. The scope of the project will focus on the "Integration of sensors" and "Communication and connectivity", steps that are recommended by the guide of small and medium companies towards industry 4.0.

Keywords: Instrumentation, Communication, Industry 4.0

Resumen

La aplicación de este trabajo será destinada a una Compañía de Automatización del Estado de Querétaro. Este proyecto se enfoca en desarrollar una metodología de selección de instrumentación industrial para medir variables de proceso, como por ejemplo nivel y flujo. Además de Identificar las tendencias de "comunicación y conectividad" de estos sensores, con el objetivo de integrarlos a una arquitectura única y con esto contribuir en soluciones a la industria 4.0. El alcance del proyecto abarcará la "Integración de sensores" y" Comunicación y conectividad", pasos que son recomendados por la guía de la pequeña y mediana empresa hacia la industria 4.0.

Palabras clave: Instrumentación, Comunicación, Industria 4.0

Introducción.

En los últimos años, ha surgido la llamada Industria 4.0. La Industria 4.0 conecta lo físico con lo digital y permite una mejor colaboración y acceso para todos los departamentos, socios, proveedores, productos y personas. La industria 4.0 depende en de los datos que se obtenga para ser procesados y analizados. Los sensores inteligentes son la clave para que los datos que sean analizados sean confiables. Si los datos arrojados por los sensores no son precisos y exactos según el nivel de aplicación, no se podrán generar análisis confiables.

Debido a que la inversión de proyectos hacia la industria 4.0 es prometedora en los próximos años, para las empresas de automatización de procesos como Innovación integral de Sistemas representa un área de oportunidad para participar el desarrollo de proyectos a nivel de procesos industriales.

La mayoría de proyectos la Compañía de Automatización, han tenido que ver con la alimentación de equipos eléctricos y de control (Como transmisores, paneles, tablero de control etc.), Diseño de tableros de control, Redes de instrumentos, de variadores de frecuencia etc. Sin embargo dentro de los proyectos de la compañía desde el año 2018 surgió la demanda de la selección e integración de sensores en los sistemas de procesos. Pese la convivencia continua con sensores durante los proyectos, se ha visto reflejada la falta de experticia en instrumentación. Esto es

notable debido al tiempo que se invierte en este tipo de proyectos, y que causa retardos en la entrega para el cliente.

Esto ocasiona la necesidad de resolver que para futuros proyectos de la compañía que tengan que ver con la selección de instrumentación sean desarrollados mucho más rápido.

La solución radica en la elaboración de una metodología de selección que incluya las características que deba de cumplir un instrumento dependiendo del tipo de proceso. Esta podrá ser usada por el personal de ingeniería de esta compañía.

El alcance del proyecto se enfocara a los instrumentos de flujo y nivel en un tanque de mezclado con fluido líquido.

Antecedentes

Una encuesta de PwC arrojaba un dato interesante: a escala global, las empresas invertirán anualmente 900 mil millones de dólares para incorporar tecnologías emergentes de Industria 4.0 hacia 2020 (Páez, 2019).

Según una nota del periódico El Economista, sólo 23% de las empresas mexicanas ha sido capaz de transformarse digitalmente, de transitar hacia la Cuarta Revolución Industrial, según Select. (Riquelme, 2019).

Uno de los retos para México para adentrarnos al mundo de la industria 4.0 es la adopción de tecnología en las empresas con lo que generen procesos productivos más competitivos (Secretaría de Economía, 2018)

El documento guía para la industria 4.0 menciona que: “en la actualidad, ya disponemos de muchas de las tecnologías necesarias para la Industria 4.0. Los beneficios de esta nueva revolución, sin embargo, solo pueden materializarse a través de una inteligente interconexión de esas tecnologías (…).” (VDMA,DiK,Kit,Camchal, s.f.). La misma guía para la industria 4.0 en su material de apoyo para realizar ideas indica la integración de sensores y comunicación /conectividad.

Integración de sensores y actores. La integración de sensores y actores, así como las capacidades de cálculo en objetos físicos es una idea central de la Industria 4.0, o más propiamente dicho, de los sistemas cíber físicos. El espectro se extiende aquí desde productos sin ninguna modalidad de sensores/actores hasta productos capaces de evaluar los datos captados por los sensores y reaccionar de manera autónoma sobre la base de esa evaluación. (VDMA,DiK,Kit,Camchal, s.f.)

Comunicación y conectividad. El uso de interfaces de comunicación adecuadas permite nuevas aplicaciones que pueden disponerse desacopladas en términos físicos y ofrecen una mejor disponibilidad de los datos recogidos. En el camino hacia el objetivo final de lograr una conexión absoluta a través de internet, en el sentido de una “Internet de las cosas”, pueden observarse pasos intermedios, como la conexión a través de sistemas Fieldbus (VDMA,DiK,Kit,Camchal, s.f.).

La industria de productos de higiene personal, limpieza, farmacéuticas, alimentos, bebidas y química empiezan a detectar las ventajas que puede traer un mundo censado y conectado. Debido a esta razón las empresas buscan en el portafolio de soluciones la especificación y selección de sensores/transmisores para la automatización de sus procesos.

Muchas compañías de automatización reconocidas a nivel nacional e internacional cuentan con especialistas de instrumentación, sabiendo de la importancia del sistema multidisciplinario, por lo que existe en gran medida la competencia a nivel nacional.

La compañía de aplicación actualmente cuenta con dos departamentos técnicos los cuales son Programación e Ingeniería eléctrica y control. Los profesionales del área de ingeniería tienen como especialidad desarrollo de integración de eléctrica, por ejemplo, alimentaciones de equipos, integración de hardware de control en áreas de manufactura y líneas de procesos.

Debido a los principales clientes de la compañía los procesos en tanques son los más recurrentes dentro de las soluciones de integración de la compañía. Los procesos *batch* se realizan desde cantidades específicas de material, registrando de inicio a fin actividades enlazadas entre señales de entradas (*inputs*) y los transforma en resultados (*outputs*).

Problemática

A finales del 2018, los clientes de la compañía de Automatización, siguen la tendencia de la dirigirse hacia la industria 4.0. A casusa de esto surge la necesidad de que sus procesos de fabricación sean censados y automatizados, por lo que existe la demanda de servicios de integración de procesos más completos.

Un servicio requerido es ofrecer soluciones en la definición y selección de instrumentos industriales en sistemas de manufactura para obtener los datos necesarios para la operación automática.

Los ingenieros de la compañía deben definir los sensores / transmisores necesarios para asegurar que un sistema pueda trabajar automáticamente.

La selección y especificación de instrumentos lleva mucho tiempo debido a la falta de experiencia en esta actividad. Y a qué se debe contactar a proveedores especialistas de sensores como apoyo.

Los proyectos que implican definición y selección de instrumentos llevan más tiempo de desarrollo en comparación de aquellos que no integran este servicio.

No se trata de controlar únicamente el proceso, sino de integrar los datos de campo con los sistemas de información, por lo que la comunicación de sensores se debe integrar a una arquitectura única (Ethernet) (Oliver Reher Garcia, 2017).

Las tecnologías de comunicación industrial y gestión de datos son cruciales para prepararse para la transformación digital.

Los de errores en selección de instrumentos pueden ocasionar, por ejemplo:

- Reemplazo del instrumento de medición que tiene como consecuencia un gasto adicional igual al precio de este.
- Gastos por desinstalación y reinstalación.
- Tiempos de retraso en puesta en marcha del proceso afectado.

Variables del proyecto

- Expectativa de calidad de servicio
- Tiempo de respuesta de especificación.
- Inversión del cliente según el costo de acuerdo a características
- Prestaciones del Equipo.

Objetivo

Proponer una metodología acorde a la normatividad de la industria 4.0, para la selección de los principales instrumentos requeridos para la operación de un tanque de producción.

Objetivos Específicos

- Realizar el análisis de la operación de una unidad de proceso.
- Diseñar una metodología de selección de instrumentos.
- Identificar las tecnologías de transición a comunicación Ethernet de los para los transmisores para poder integrarse a una red Ethernet estandarizada (Hacia la industria 4.0.)

Metas

- Realizar el análisis de la operación de una unidad de proceso según el estándar ISA 88 (30-Oct-2020 al 30-Marzo-2021).
- Diseñar una metodología de selección de tipos de instrumentos (30-Oct-2020 al 31-Abril-2021).
- Identificar las tecnologías de transición a comunicación Ethernet de los transmisores, para que estos puedan integrarse a una red

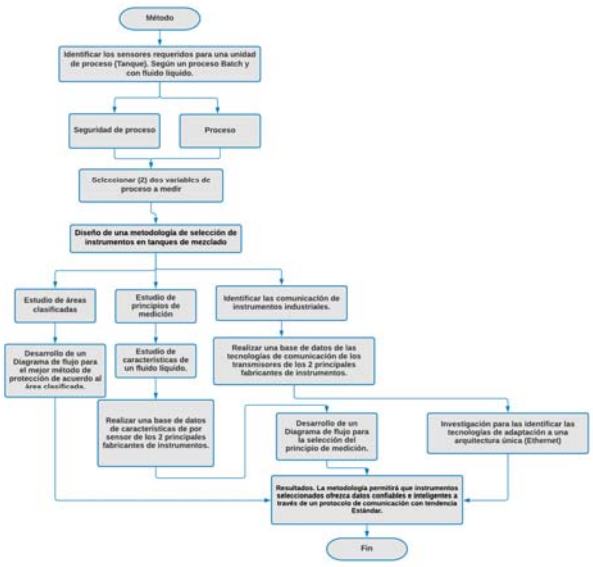
Ethernet estandarizada (Hacia la industria 4.0.) (30-Nov-2020 al 31-Abril-2021).

Justificación

- Realizar este proyecto conseguirá:
- Responder a las demandas de los clientes incluyendo dentro de la cartera de soluciones, la integración de instrumentación en sus procesos.
- Reducir el tiempo de selección de instrumentos entre el personal de ingeniería.
- Evitar una mala selección del instrumento que ocasione reemplazo de instrumento de medición, que tiene como consecuencia un gasto adicional a los previstos.
- Desarrollar conocimiento técnico y tecnológico dentro de la compañía en el área de instrumentación industrial.
- Aporta a la competitividad de la empresa.
- Contribuir a la integración de las soluciones de las empresas (Clientes) que deben encontrar el camino hacia la industria 4.0.

Método

A continuación, se presenta en forma de diagrama de flujo el método para el desarrollo del proyecto.



La instrumentación es parte fundamental para el camino hacia la industria 4.0. (Ambrojo, 2015). Para definir los sensores del sistema se tomará la seguridad y operatividad. Para el caso de los tanques de producción, deben contar con instrumentación como, sensores de nivel, de temperatura, flujómetros, etc. Los instrumentos son los componentes del sistema de producción, que llevarán al sistema actual a la autonomía, por lo que el propósito principal de la tesis será llegar a la especificación de estos en base a características, normas y estándares aplicables a este tipo de procesos. No se puede llegar a tener información inteligente si no hay sensores que nos ofrecen datos útiles y confiables desde campo, al mismo tiempo el sistema de administración de recursos no podrá controlar sus consumos sin datos útiles.

Para la metodología de selección se tomará en cuenta

- Características de las materias primas (por ejemplo; viscosidad y densidad).
- Área en las que se encuentra el proceso (por ejemplo, en áreas generales o áreas clasificadas).
- Comunicación de los instrumentos.

El uso de interfaces de comunicación permite nuevas aplicaciones que pueden disponerse en términos físicos y ofrecen una mejor disponibilidad de los datos recolectados. Por tanto, se pretende reconocer y emplear las tecnologías Fieldbus actuales para la comunicación de los instrumentos y llegar a que los tanques posean una interfaz Ethernet.

Resultados y conclusiones

Los resultados serán una técnica de selección de instrumentos que implique el principio de medición, materiales y comunicación. Este documento será empleado por los ingenieros de la compañía de automatización, con lo que serán capaces de ofrecer una solución confiable a los clientes. Debido a que las condiciones actuales exigen que las actividades de supervisión de procesos sean vía remota, surge la necesidad de que

los procesos operen de forma autónoma y los sensores ofrezcan información confiable. Términos como Big data e Internet de las cosas, no podrán concretarse en la industria si no existen datos confiables que solo vendrán de instrumentos instalados en los procesos. Para proyectos futuros se propone el desarrollo de una aplicación, que use la información que se plantee en este proyecto para que la selección de instrumentación industrial se vuelva didáctico y fácil de utilizar.

Trabajos citados

Ambrojo, J. C. (Junio de 2015). *Instrumentación para la industria inteligente*. Obtenido de http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-6368-instrumentacion-industria-inteligente

Oliver Reher Garcia, L. N. (2020 de Abril de 2017). Instrumentación Ethernet en procesos industriales.

Páez, R. (7 de Octubre de 2019). Obtenido de Forbes Mexico: https://www.forbes.com.mx

Riquelme, R. (9 de Octubre de 2019). México llega con retraso a la cuarta revolución industrial. *EL ECONOMISTA*.

Secretaría de Economía. (08 de Abril de 2018). *Articulos*. Obtenido de https://www.gob.mx

VDMA,DiK,Kit,Camchal. (s.f.). *Industria 4.0 Guía para su introducción en la pequeña y mediana empresa* (3 ed.). Obtenido de https://industrie40.vdma.org/en/viewer/-/v2article/render/15540546

SISTEMA DE MONITOREO ESTRUCTURAL PARA EDIFICIOS MEDIANTE ACELERÓMETROS

Autores: Reiji Takane-Paredes, Teresa Hernández-López
Universidad Autónoma de Querétaro, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Cerro de las Campanas S/N, C.P.: 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.
reijitakane@gmail.com; Tel. +52 554 840 9490

Asesor: G. J. Ríos-Moreno
Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Cerro de las Campanas S/N, C.P.: 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.
riosg@uaq.mx

Resumen

Con el transcurso del tiempo, una estructura puede verse afectada por factores climáticos o humanos, reduciendo su tiempo de vida. Un sistema de monitoreo estructural permite obtener un diagnóstico para determinar en qué momento realizar mantenimientos, alargando el tiempo de vida de la estructura. A nivel mundial, el monitoreo estructural se ha convertido en una necesidad, pues estos sistemas han dado como resultado una mayor duración de las edificaciones al obtener una advertencia temprana de falla. En México, el monitoreo de la salud estructural ha cobrado importancia en cuanto a la preservación de sitios históricos y detección temprana de fallas en puentes y caminos. Dichos métodos pueden realizarse por inspección visual o por métodos experimentales, pero estos requieren que el daño ya sea conocido y accesible. El objetivo del presente artículo es diseñar un sistema de monitoreo estructural para edificios, identificando los requerimientos técnicos necesarios para captar las aceleraciones presentes en la estructura con el fin de determinar su estado integral mediante su frecuencia natural. Se realizó una simulación en un software Computer Aided Design (CAD) de un edificio prototipo CAPFCE de acuerdo a la norma mexicana NMX-R-021-SCFI-2013, al que se sometió a una prueba sísmica y se revisaron las mediciones de los sensores. Los resultados mostraron renders de un aula de clases, donde se identificaron las secciones con mayor amplitud resultante y su frecuencia natural, con lo que el sistema es capaz de detectar mediante la frecuencia natural de la construcción, alteraciones y daños en la estructura.

Palabras clave: monitoreo de la salud estructural, estructuras de concreto, sensores.

Abstract

Over time, a structure can be affected by climatic or human factors, reducing its life span. A structural monitoring system allows to obtain a diagnosis to determine at what moment to perform maintenance, extending the life time of the structure. Globally, structural monitoring has become a necessity, as these systems have resulted in a longer duration of buildings by obtaining an early warning of failure. In Mexico, structural health monitoring has become important for the preservation of historic sites and early detection of bridge and road failures. Such methods can be done by visual inspection or by experimental methods, but these require that the damage be already known and accessible. The objective of this article is to design a structural monitoring system for buildings, identifying the technical requirements needed to capture the accelerations present in the structure in order to determine its integral state through its natural frequency. A simulation in a Computer Aided Design (CAD) software of a CAPFCE prototype building was carried out according to the Mexican norm NMX-R-021-SCFI-2013, which was submitted to a seismic test and the sensor measurements were reviewed. The results showed renders of a classroom, where the sections with greater resulting amplitude and their natural frequency were identified, so that the system is able to detect by means of the natural frequency of the construction, alterations and damages in the structure.

Keywords: structural health monitoring, concrete structures, sensors.

Introducción

El monitoreo estructural o Structural Health Monitoring (SHM), verifica el comportamiento de una estructura para evaluar su desempeño, identificar daños y determinar su condición estructural. Toda esta información se usa para diseñar y planear actividades de mantenimiento, y verificar hipótesis de diseño de los sistemas estructurales (Ostachowicz et al., 2019). Los parámetros más frecuentes que se toman en cuenta en el monitoreo estructural se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros frecuentemente monitoreados en los sistemas estructurales (Ostachowicz et al., 2019).

Mecánicos	Deformación
Físicos	Temperatura, humedad, presión
Químicos	Penetración de cloruros, penetración de sulfatos, pH, corrosión del acero.

El monitoreo puede ser desarrollado a nivel local o global. A nivel local proporciona información del comportamiento local del material o de un elemento estructural; el monitoreo global describe su comportamiento integral.

Actualmente, los métodos de detección de daños se realizan por inspección visual o por métodos experimentales, y estos métodos requieren que el daño ya sea conocido y accesible; a su vez, la experiencia de las partes responsables varía, resultando difícil mantener un nivel de consistencia entre un inspector y otro. Además, el método de inspección visual no puede ser aplicado en defectos que no aparecen en la superficie. Para tales casos, la examinación no destructiva, complementada con métodos de experimentación local, es aplicada.

Inicialmente, las técnicas de experimentación no destructiva fueron usadas a partir de la década de los 40, a raíz de la necesidad de determinar la homogeneidad y fuerza compresiva del concreto fresco para remover los encofrados. Con el envejecimiento progresivo de las estructuras, los ingenieros buscaron herramientas para estimar las propiedades mecánicas de materiales viejos, así como la detección y caracterización de defectos ocultos. Esto dio origen al desarrollo de diversas técnicas de investigación en la industria de la construcción hasta la década de los 70; entre los diferentes tipos de experimentación local se pueden incluir métodos de: emisión acústica, campos electromagnéticos, rayos x, radiografías, campos térmicos (Sony et al., 2018). Sin embargo, las técnicas de examinación no destructivas mostraron tener limitaciones al ser aplicadas para evaluaciones del rendimiento local y global de estructuras grandes. Esto motivó al desarrollo de métodos que examinaran cambios en las características estáticas o dinámicas de una estructura por medio del monitoreo de su comportamiento estático o dinámico, dando origen a las técnicas basadas en respuestas, los cuales tienen el potencial de evaluar la estructura entera dada su sencilla instalación y automatización de procesos como adquisición y procesamiento de datos, así como la detección de defectos (Raseduzzman et al., 2020).

En la actualidad, la utilización del SHM se ha extendido por todo el mundo, y los puentes más importantes cuentan con sistemas de monitoreo estructural. En algunos países, sobre todo aquellos en desarrollo, existen dudas sobre la necesidad de la instalación de estos sistemas, por el hecho de que los beneficios de un SHM se obtienen a mediano y largo plazo. Generalmente no hay cambios significativos a corto plazo, y por ello se consideran sistemas innecesarios.

Los proyectos de ingeniería civil constituyen la columna vertebral del desarrollo económico en varios países. En el caso de Corea, a partir del periodo de industrialización de 1970, con el fin de fortalecer la red de transporte, el volumen de carreteras y puentes incrementó (Siringoringo et al., 2018). En 1970 había 9,332 puentes cubriendo 268 kilómetros, y para el año 2016 había 22,937 puentes con una longitud total de 1,987 kilómetros. Con el desarrollo e implementación continua de sistemas de monitoreo estructural como herramienta en términos de mantenimiento, rendimiento y seguridad, se puede estimar que el tiempo de vida de un puente alcance los cien años. Corea desarrolló e implementó activamente sistemas de monitoreo estructural desde inicios de 1990, esto fue a causa del incremento de infraestructura deteriorada construida en 1970 y, adicionalmente, el colapso del puente Seongsu en 1994 (Fig. 1), quince

años después de su construcción; todo esto llevó a reconocer la importancia de la gestión de puentes acompañado de los factores humanos y naturales que afectan estos sistemas estructurales (Siringoringo et al., 2018).



Fig. 1. Colapso del puente Seongsu, Corea, 1994 (Arancibia, 2009).

Hablando de Estados Unidos, la Federal Highway Administration (FHWA) realiza inspecciones visuales de forma bimestral a las estructuras que son de alta importancia. En 1983, se colapsó a causa de corrosión en una de sus uniones el puente Mianus Bridge, unos meses antes de su colapso se había realizado la inspección de acuerdo a estándares FHWA, los costos de reparación del puente fueron de 20 millones de dólares, a su vez durante la reparación del puente, se redirigió el tráfico hacia calles locales del pueblo local, causando graves problemas de tráfico (Balsamo et al., 2015). En general, se ha observado que el costo de inversión, operación y mantenimiento de un SHM durante su vida útil oscila entre 0.5% y 2% del valor de la infraestructura, dependiendo de si se instala durante o después de la construcción (Carrión et al., 2016). Lo más conveniente es que se instale durante la construcción, ya que se absorben los gastos de instalación y se obtiene información desde el inicio, pero una desventaja de esto es que se requiere un trabajo especial para que no se dañen los equipos ni el cableado.

Durante los últimos treinta años la detección de daños en estructuras ha recibido atención de la comunidad de ingeniería civil, aeronáutica y mecánica. Una de las principales razones de esto es la introducción de técnicas de evaluación no destructiva de los cuales el monitoreo de vibraciones probó ser efectivo en los campos de ingeniería (Fitz et al., 2019). Una pieza fundamental de los sistemas de monitoreo estructural son los sensores que los componen, los cuales son dispositivos capacitados para detectar y reaccionar a acciones o estímulos externos con una señal eléctrica (Barrias et al., 2016).



Fig. 2. Sensores de fibra óptica de vidrio. Esta fibra se usa para aplicaciones que requieren un área de cobertura más amplia (Tecnoalimen, 2017).

Los sensores de fibra óptica, o Fiber Optic Shaping sensors (FOSs), los cuales son utilizados en aplicaciones militares y aeroespaciales, se caracterizan por contener diversas fibras de vidrio que conducen un haz de luz. Estos sensores son livianos y son capaces de utilizarse a grandes distancias e inmunes a efectos del ambiente considerándolos sensores adecuados para los sistemas de monitoreo estructural; otras de sus ventajas incluyen insensibilidad a ruido magnético o eléctrico, debido a su conexión óptica y bajo riesgo de operación en ambientes con material inflamable. Entre sus desventajas se incluye la sensibilidad a variaciones a la intensidad al haz de luz. Una de las características únicas que poseen los FOSs es la capacidad de poseer múltiples sensores en una sola fibra. Con esto no solamente se puede medir un solo parámetro; la variación de magnitudes a lo largo de la fibra permite utilizarlo en sistemas de monitoreo de fatiga en puentes y presas (Alavi y Buttlar, 2019). Para puentes, mostraron las ventajas y desventajas de múltiples FOSs para medir temperatura, y tensión estática para puentes de concreto y acero. Concluyeron que la elección del sensor es vital para la precisión de diferentes medidas de respuesta. En el caso de las

presas, mostraron que la fibra óptica instalada en las placas durante la construcción de la presa puede proporcionarles temperatura en dos dimensiones de toda la placa a diferentes tiempos después del fraguado.

Kotsakos (2019) utilizó un sistema de monitoreo estructural conformado de dispositivos inteligentes conectados mediante una red tipo P2P. Cada dispositivo inteligente mediría las microvibraciones y ejecutaría los cálculos para obtener su frecuencia natural. Concluye que este tipo de modelo es muy versátil y robusto, sin embargo, la capacidad de procesamiento y sensibilidad del sensor están limitadas al dispositivo inteligente. Sin embargo, de acuerdo a Kavitha (2015), los sensores Micro-Electrical Mechanical System (MEMS) accesibles al público están diseñados para aplicaciones en general, por lo tanto, su frecuencia es mayor a la necesaria para aplicaciones en el ramo de ingeniería civil resultando en una sensibilidad pobre. En la Tabla 2 se muestran las especificaciones de un acelerómetro para monitoreo estructural.

Tabla 2. Especificaciones de acelerómetros para aplicaciones de monitoreo estructural.

Parámetro	**Valores**
Rango de vibración	$0-2\ g$
Frecuencia natural	$100\ Hz$
Sensibilidad al desplazamiento	$24\frac{\mu m}{g}$
Ruido de piso	$<1\frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$
Sensibilidad del eje transversal	$<1\ \%$
Resistencia a los golpes	$<500\ g$

Consideraciones Teóricas

A) Frequency Response Function (FRF)

El Frecuency Response Function, o Función de Respuesta de Frecuencia, es una función utilizada para identificar las frecuencias, amortiguamiento y pandeo de una estructura (Siemens).

1) Resonancias: las crestas indican la presencia de frecuencias naturales de la estructura.
2) Amortiguamiento: el amortiguamiento es proporcional al ancho de las crestas. Entre más ancha la cresta, mayor el amortiguamiento.
3) Pandeo: la amplitud y periodo de múltiples FRF en la estructura son utilizados para determinar el pandeo.

De acuerdo a Zimmerman et al. (2019), una FRF es equivalente a un espectro de Fourier de los datos recolectados, por lo tanto, para calcular el espectro de las series de tiempo formado por las microvibraciones, una Transformada Rápida de Fourier (FFT) es utilizada (Ecuación (1)).

$$FRF_{k,axis} = FFT\ (tsk, axis) \qquad (1)$$

Donde $tsk, axis$ representa las aceleraciones (m/s^2) en el sensor k en su eje x, y o z.

B) Método Peak-Picking

Este método calcula las frecuencias naturales de una estructura mediante las crestas de su Frecuency Response Function (FRF), especificando un número máximo de crestas n, que deben ser identificadas. Posteriormente, un historial de datos de aceleración es recolectado en cada nodo sensor y convertido en FRF utilizando el algoritmo Cooley-Turkey FFT la cual utiliza la Eq. (2), que es una transformada discreta de Fourier:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} nk} \qquad (2)$$

Donde k es un entero que toma valores de 0 a $N-1$.

Posterior al cálculo, cada nodo selecciona las n crestas más grandes de acuerdo al valor FRF localmente y significativamente más alto en un intervalo, si se encuentran menos crestas a las especificadas por n, se reemplazarán por ceros las crestas faltantes. Este algoritmo asume que no existen crestas pegadas y únicamente puede detectar crestas separadas por al menos diez puntos en el espectro de frecuencias (Yuhang et al., 2016).

Metodología

Se realizó la simulación en un programa CAD. El edificio simulado fue un aula de clases ubicado en el

Estado de Querétaro, diseñado de acuerdo a la estructura tipo Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) regional A-B 2EE. De acuerdo al Atlas de Riesgos del municipio de Querétaro (2015), dada su cercanía y relación con sistemas de fallas activas y algunos epicentros cercanos, Querétaro, se considera una zona con nivel de riesgo sísmico bajo, catalogado en la zona de riesgo sísmico B el cual cuenta con los tipos de suelo que se muestran en la Tabla 3, para la simulación, se utilizarán los parámetros para un terreno con suelo de tipo I y una aceleración máxima en roca de $a_o^r = 82.06\ cm/s^2$, dicho valor corresponde para el Estado de Querétaro de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-R-079-SCFI-2015 (2015). También, la norma establece que se utilizarán cargas vivas unitarias instantáneas de $W_a = 180\ kg/m^2$ al momento de simular un espectro sísmico.

Tabla 3. Tipos de suelo en zona B (CAPFCE, 2015).

Suelo	Descripción
I	Terreno firme, tepetate, arenisca compacta.
II	Arenas no cementadas, arcillas de mediana rigidez.
III	Arcillas blandas muy compresibles.

En la Tabla 4, se encuentran los coeficientes sísmicos reducidos.

Tabla 4. Coeficientes sísmicos reducidos para el método simplificado, correspondiente para estructuras del grupo A, zona B (CAPFCE, 2015)

Suelo	Menor de 4 m	Entre 4 y 7 m	Entre 7 y 13 m
I	0.09	0.11	0.11
II	0.20	0.23	0.27
III	0.20	0.24	0.29

De los métodos de monitoreo vistos con anterioridad se eligió el método descrito por Kotsakos (2019) ya que la implementación y cálculo de frecuencias naturales es simple, sin embargo, en la presente implementación se utilizarán sensores LIS2DHTR, de acuerdo a su hoja de datos, cumple con los parámetros que Kavitha (2015) considera necesarias para monitorear las vibraciones del edificio, se colocarán cuatro sensores en la parte superior de cada pared. En la Fig. 3 se muestra el proceso a seguir en la presente metodología.



Fig. 3. Diagrama de flujo de la metodología.

Primeramente, se necesitan los planos arquitectónicos y estructurales de la edificación, para con ellos determinar las dimensiones de sus elementos, y proceder al cálculo de las cargas que se presentarán en el aula.

Después de la obtención de las cargas, se diseña el aula en 3D mediante un software CAD, al que se le integran sus cargas y fuerzas previamente calculadas, para después obtener una simulación de sus frecuencias.

Finalmente, se obtiene el render del aula, el cual también considera las vibraciones naturales de la edificación.

Resultados

Se realizó el diseño del aula en el programa de diseño asistido por computadora de Solidworks, ya que este software cuenta con herramientas para el análisis de frecuencias. Cabe resaltar que Solidworks nos permite colocar sensores que miden la frecuencia de un objeto, sin embargo, estos están limitados a mostrar la frecuencia del objeto en general y no a un punto en específico.

Se puede observar en la Fig. 4 un render del aula a la que se le han colocado las cargas y fuerzas para su análisis.

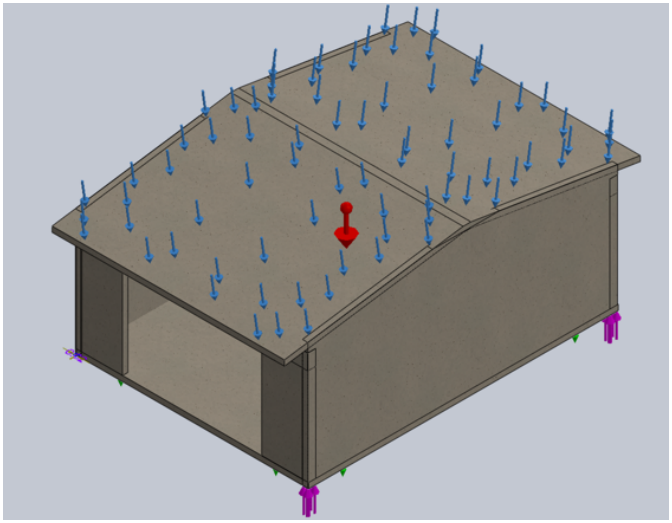


Fig. 4. Render del aula realizado en Solidworks.

Se colocaron tanto cargas muertas como cargas vivas. Las cargas muertas se refieren al propio peso de los componentes de la estructura, mientras que las cargas vivas se crean mediante la dinámica de la naturaleza, como puede ser el viento.

Los resultados del análisis de frecuencias muestran que en los extremos de las trabes (Fig. 5) y las losas (Fig. 6) se sitúan las amplitudes resultantes más altas.

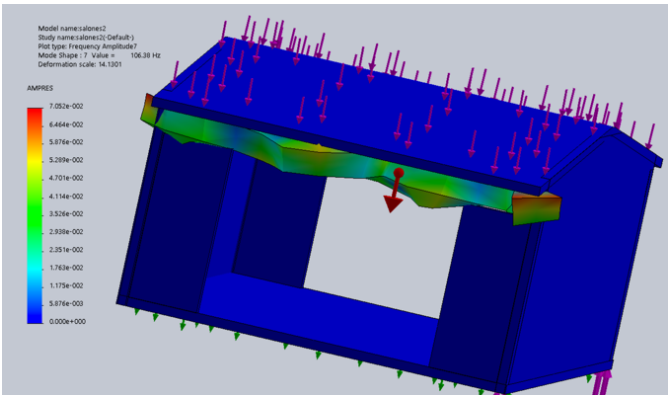


Fig. 5. Render de las amplitudes resultantes en la trabe del aula.

En las trabes se soportan todos los elementos de entrepiso, y son los elementos que soportan la mayor parte de la carga. Las mayores amplitudes se presentaron en sus extremos.

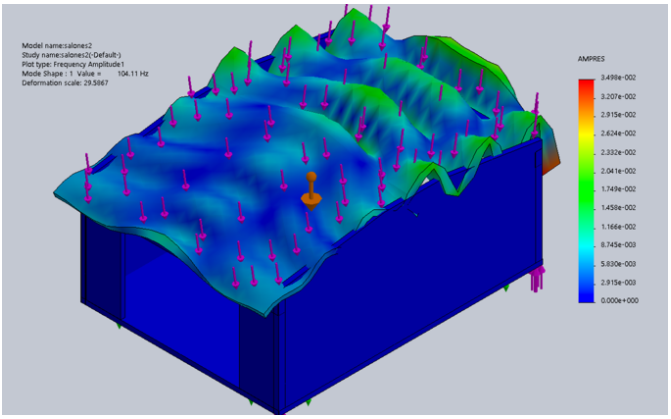


Fig. 6. Render de las amplitudes resultantes en la losa del aula.

La losa es la superficie que conforma el piso o el techo de una edificación, y ésta se apoya en las vigas o los muros. En este caso, las amplitudes más grandes se presentaron igualmente en sus extremos.

En el caso de las paredes, estas se encuentran en los extremos inferiores (Fig. 7 y Fig. 8).

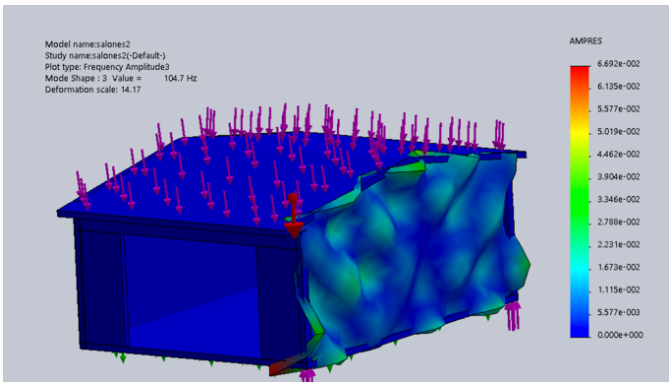


Fig. 7. Render de las amplitudes de un muro.

Las paredes sostienen la techumbre, y en el render resultante se obtuvo que en los extremos inferiores se presentan las amplitudes más grandes.

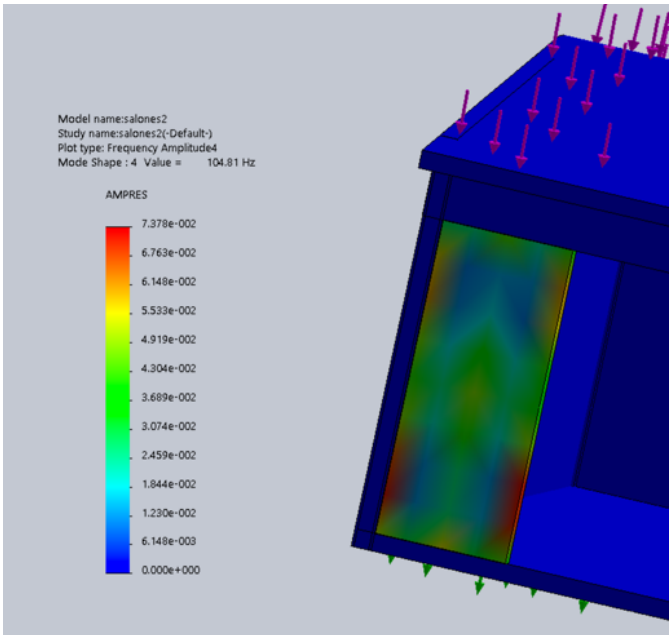


Fig. 8. Render de las amplitudes resultantes en una pared del aula.

Las amplitudes resultantes presentes en una pared del aula, presentan igualmente las amplitudes mayores en los extremos de la pared.

Conclusiones

El monitoreo estructural es un tema importante en la ingeniería de la construcción, pues al evaluar el desempeño de una edificación y su condición estructural puede aumentar su vida útil al detectar problemas de manera oportuna.

En la simulación del sistema de monitoreo estructural se utilizaron 4 sensores LIS2DHTR en la parte superior de cada pared del aula, para la determinación del estado integral del aula, mediante la observación de las aceleraciones que se presentan en la edificación, según las recomendaciones de Khavita (2015).

Dicha aula se sometió a una prueba sísmica, con la cual los sensores registran las vibraciones, obteniendo como resultado que las amplitudes más altas se encuentran presentes en los extremos de las trabes y de las losas.

Ya que el aula se encuentra localizada en el estado de Querétaro, la prueba sísmica implementada no presenta rangos de vibración muy grandes, al no ser un estado con actividad sísmica peligrosa.

Referencias

Abdo, M. A., 2014. Structural health monitoring history, applications and future. Open Science Publishers, 1st Ed.

Abdulkarem, M., Samsudin, K., Rokhani, F. Z., & A Rasid, M. F. (2020). Wireless sensor network for structural health monitoring: A contemporary review of technologies, challenges, and future direction. *Structural Health Monitoring*, *19*(3), 693–735.

Alavi, A. H., & Buttlar, W. G. (2019). An overview of smartphone technology for citizen-centered, real-time and scalable civil infrastructure monitoring. *Future Generations Computer Systems: FGCS*, *93*, 651–672.

Arancibia, F. [Entrada de blog]. Colapso de puentes. Recuperado de https://facingyconst.blogspot.com/2009/04/colapso-de-puentes.html

Balsamo, L., & Betti, R. (2015). Briefing: Statistical pattern-recognition-based structural health monitoring. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Forensic Engineering*, *168*(4), 155–157.

Barrias, A., Casas, J. R., & Villalba, S. (2016). A review of distributed optical fiber sensors for civil engineering applications. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *16*(5). doi:10.3390/s16050748

Carrión Viramontes, F. J., Quintana Rodríguez, J. A., Crespo Sánchez, S. E. y Martínez Madrid, M., 2016. Relevancia del monitoreo estructural ante contingencias. El puente del río Papaloapan. AMIVTAC, Vías Terrestres. Pp. 4-6.

Glisic, B. e Inaudi, D., 2017. Fibre Optic Methods for Structural Health Monitoring. Smartec S.A. pp. 1-3.

Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED). 2014. Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Normatividad e investigación, Vol. 4, Tome I. Pp. 13.

Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED). 2014. Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Normatividad e investigación, Vol. 4, Tome II, Pp. 10.

Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED). 2012. Programa Mejores Escuelas 2 aulas didacticas regional A-B 2EE. planta arquitectónica y azotea. Mexico.

Kavitha, S., Joseph Daniel, R., & Sumangala, K. (2016). High performance MEMS accelerometers for concrete SHM applications and comparison with COTS accelerometers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *66–67*, 410–424.

Liu, Y., Zhou, S., & Tang, J. (2016). Identifiability analysis of finite element models for vibration response-based structural damage detection in elastic beams. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, *138*(12), 121006.

M. R. Ruman, A. Barua, W. Rahman, K. R. Jahan, M. Jamil Roni and M. F. Rahman, "IoT Based Emergency Health Monitoring System," *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)*, Pune, India, 2020, pp. 159-162, doi: 10.1109/I4Tech48345.2020.9102647.

Norma Mexicana NMX-R-079-SCFI-2015. 2015. Escuelas seguridad estructural de la infraestructura física educativa requisitos. México, Secretaría de Economía.

Siemens, s.f. What is a frequency response function (FRF)? Recuperado de https://community.sw.siemens.com/s/article/what-is-a-frequency-response-function-frf

Siringoringo, D. M., & Fujino, Y. (2018). Seismic response of a suspension bridge: Insights from long-term full-scale seismic monitoring system. *Structural Control and Health Monitoring*, *25*(11), e2252.

Sony, S., Laventure, S., & Sadhu, A. (2019). A literature review of next-generation smart sensing technology in structural health monitoring. *Structural Control and Health Monitoring*, *26*(3), e2321.

STMicroelectronics, 2011. MEMS digital output motion sensor: ultra-low-power high performance 3-axis ‘femto’ accelerometer. LIS2DHTR datasheet.

Tecnoalimen, 2017. Sensores de fibra óptica de vidrio. Recuperado de https://www.tecnoalimen.com/productos/20170112/sensores-fibra-optica-vidrio

Rehabilitación de edificaciones dañadas por sismos mediante técnicas sustentables

Autor: Vidal, Luis Arturo[1]
[1]Posgrado en Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. (luisvsa7x@gmail.com)
Asesor: G.J Ríos-Moreno[2]
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. riosg@uaq.mx

Resumen.
A nivel mundial los sismos están presentes, debido al movimiento de las placas tectónicas, que por su parte México ha sido afectado constantemente por sismos, debido a que se encuentra ubicado en el contexto de cinco placas tectónicas: Caribe, Pacifico, norteamericana, Rivera y Cocos. Por lo cual México es perjudicado por sismos de magnitudes insignificantes (<5.0 escala de Ritcher) y otros tan significantes (8.1 en 1985, 7.1 2017) como las afectaciones resultantes. Hoy en día México cuenta con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) que posee una respuesta rápida para un sismo, para determinar la afectación de edificaciones, calles, casas, inmuebles históricos entre otros; y que este mismo también cuenta con un programa para reparación y rehabilitación de edificaciones. El objetivo de este proyecto es proponer las ventajas del uso de técnicas de reparación sustentables, mediante las propiedades mecánicas para que la edificación siga con su correcto funcionamiento y los ocupantes, se sientan seguros y conformes dentro del mismo cumpliendo con los requerimientos y normas necesarias para continuar con sus operaciones.
Mediante la aplicación por las normas americanas y mexicanas, se rehabilita el proceso de la edificación; los resultados que se esperan es poder comprobar que tiene ventaja el usar TRS para la rehabilitación de edificaciones dañadas por sismos.

Palabras clave: Ciudades inteligentes, edificaciones sustentables, edificaciones inteligentes, materiales sustentables. rehabilitación sísmica.

Abstract.
Earthquakes are present worldwide, due to the movement of tectonic plates, which for its part Mexico has been constantly affected by earthquakes, because it is located in the context of five tectonic plates: Caribbean, Pacific, North American, Rivera and Coconuts. For this reason, Mexico is affected by earthquakes of insignificant magnitudes (<5.0 Ritcher scale) and others as significant (8.1 in 1985, 7.1 in 2017) as the resulting effects. Today Mexico has the National Center for Disaster Prevention (CENAPRED) that has a rapid response to an earthquake, to determine the impact of buildings, streets, houses, historical buildings among others; and that it also has a program for the repair and rehabilitation of buildings. The objective of this project is to propose the advantages of the use of sustainable repair techniques, the mechanical properties so that through the building it continues to function properly and the occupants feel safe and satisfied within it, complying with the requirements and standards necessary for continue with its operations. Through the application by American and Mexican standards, the building process is rehabilitated; The expected results are to be able to verify that there is an advantage using sustainable repair techniques for the rehabilitation of buildings damaged by earthquakes.

Key words: Seismic rehabilitation, Smart building, smart cities, sustainable buildings, sustainable material

Introducción.
El continuo crecimiento de la población humana y el bienestar económico ha incrementado la presión de los recursos naturales y del medio ambiente en una medida que no sea sostenible (Cabernard, 2019); y está proyectado que más del 60% de la población del mundo vivirá en ciudades a partir del 2030 (Nations, 2014). En menos de 40 años de (2013 a 2050), la

población mundial crecerá de 7.200 millones a 9.600 millones de habitantes, un incremento equivalente a añadir nuevamente la población de China e India (SAINT-GOBAIN, 2019). Al incrementar el número de edificaciones en ciudades actualmente nos estamos enfrentando a un gran problema con la humanidad, la contaminación y el gran desgaste de recursos naturales de la litosfera; sin embargo, el incontrolable crecimiento de las ciudades puede afectar el medio ambiente y sus ciudadanos (Annez, 2008), esto puede afectar la calidad de vida de los ciudadanos así como la eficiencia de operación de la ciudad, (Degbelo, 2016).

La creciente demanda de construcción de infraestructura está asumiendo rápidamente una etapa central en el desarrollo nacional, como un gran consumidor de fuentes naturales de materiales de no renovación y energía; el afectar cada vez más el medio ambiente en términos de emisiones de CO_2, que pueden conducir a cambios climáticos posteriores y el aumento de la temperatura en la superficie de la tierra, además de tener una importante influencia en las condiciones sociales y económicas (Lye, 2016).

La creciente producción de cemento ronda los $4.08x10^4$ a $4.18x10^4$ miles de toneladas métricas durante el año 2013-2014, En el mercado global de la construcción los agregados se espera que incremente un 5.2% por año a través del 2015 a 48.3 billones de toneladas métricas, los desperdicios sólidos que se genera mundialmente son de 1.86 billones de toneladas (Ralegaonkar, 2016).

Minimizar el consumo de agregados naturales, que la producción anual global ronda por los 50 billones de toneladas, así como la tala inmoderada incrementa en un 5% por año (Lye, 2016). En el área de materiales de construcción sostenibles, esto ha sofocado el ritmo de progreso en la realización del potencial para desarrollar una mayor adopción de estos materiales. Reducir las emisiones de CO_2, el uso similar de materiales productos de deshechos puede conllevar a hacer una significante contribución (Lye, 2016).

Hoy, el equivalente a 1.7 Tierras, tendrían que ser necesario para abastecer la demanda de material humano y para regenerar las emisiones de desechos antropogénicos (Cabernard, 2019).

Algunos de los cambios están siendo dirigidos por el desarrollo de tecnologías inteligentes (Castán, 2016). Claros ejemplos de lo anterior mencionado, puentes que puedan detectar sus propias debilidades, redes eléctricas que puedan cambiar datos con los electrodomésticos, sistemas de infraestructura ciberfísica que hagan las ciudades inteligentes (Weiss, 2009). El uso de tecnologías hoy en día es fundamental para el desarrollo sustentable de una ciudad para innovar el uso de recursos naturales y ser amigables con el medio ambiente. Una ciudad inteligente y sostenible es una ciudad innovadora que usa la información y comunicación tecnológica (TIC´S) y otros recursos para mejorar la calidad de vida, haciendo eficiente la operación urbana, sus servicios y competencias, mientras se aseguren las necesidades de la generación presente y futura con respecto a lo económico, social, ambiental, así como lo cultural (UNECE, 2015).

Considerar en el diseño las propiedades que pueden aportar los materiales sustentables serán de vital importancia para las ciudades del futuro, ya que tendrá más beneficio para el proyecto ya sea de rehabilitación, mantenimiento, o nuevo para las ciudades, al hacer uso de estos materiales y de infraestructura inteligente en nuestra vida cotidiana, creara un beneficio mutuo, siendo agradable para el ciudadano y para el ambiente, llegando a ser amigables con el ambiente que nos rodea, describiendo así, la infraestructura inteligente como la columna vertebral de una ciudad (Alkandari, 2012).

El concepto de infraestructura inteligente ha estado aplicado en diversas áreas, incluyendo distribución eléctrica, suministro de agua y servicios de desagüe de aguas negras, sistema de transportes inteligentes, servicios de emergencia y monitoreo constante de túneles, puentes y presas (Hoult, 2009). La visión de una ciudad inteligente, sostiene que la tecnología en si no es suficiente para hacer una ciudad inteligente, en cambio, una ciudad inteligente solo puede surgir en relación con las personas, procesos y sistemas (Cosgrave, 2018). Los beneficios potenciales de infraestructura inteligente incluyen costos de mantenimiento reducidos, reducción de daños y ruptura costos; mayor calidad y valor del servicio (uso bajo demanda y tarifas flexibles), así como salvaguardar la vida humana (menos accidentes de carretera o mejor respuesta a desastres); todos estos se

beneficios contribuyen al crecimiento urbano sostenible (Morimoto, 2010).

En el mundo los sismos están a la orden del día, generando daños en las ciudades, ejemplo, en Turquía en el sismo de 1999 en Izmit, 725 de 1215 edificios de concreto reforzado fueron dañados debido a la configuración de historia débil. En México el ultimo sismo de gran relevancia fue el de 19 de septiembre de 2017, con daños en más de 40 edificios colapsados, y cerca de 500 edificaciones clasificadas en riesgo de media a alto (Jara, 2019).

Conocer las Técnicas de reparación comunes para reforzar a cortante en columnas, trabes y muros, (paredes de concreto, Tirantes, paredes a un costado, contrafuertes) reforzar a flexión trabes, losas, hasta chimeneas (encamisado de acero o de concreto completo) y reforzamiento a compresión en columnas (encamisado con brecha en unión columna trabe) (Fukuyama, 2000) (Fig. 1).

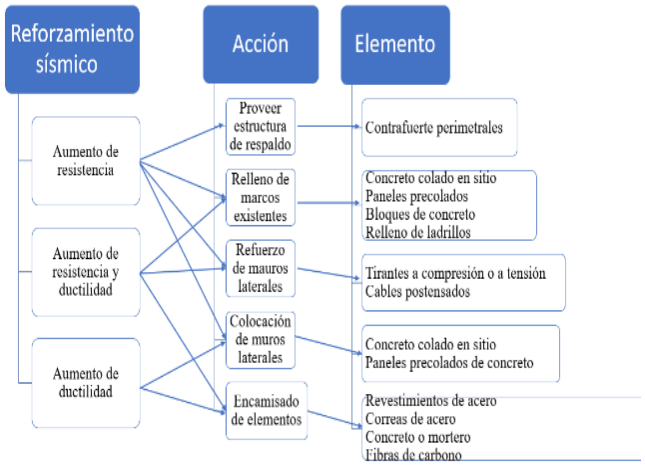


Fig. 1 Métodos típicos de reforzamiento (Fukuyama, 2000).

Reconocer las propiedades mecánicas de materiales sustentables, puede ayudar a tener otra opción para la rehabilitación de una edificación, por ejemplo, las fibras de carbón, de vidrio y de aramida, en la cual tiene ventaja en su gravedad específica, tiene más fuerza de tensión en comparación con el acero, así como mejor trabajabilidad y tiene gran ventaja al no tener corrosión, pero tiene desventaja en resistencia química, donde el acero es mayor que las fibras (Fukuyama, 2000).

Un edificio diseñado, construido o rehabilitado de forma sostenible contribuirá en cada una de las etapas de su ciclo de vida en la mejora del confort y bienestar, minimizará el consumo de recursos naturales, incluida la energía, reducirá el impacto ambiental y mejorará la viabilidad financiera del proyecto (SAINT-GOBAIN, 2019).

La importancia de mayor producción y consumo de materiales sustentables ha sido reconocida como un objetivo político por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y construye los cimientos para el logro de objetivos del desarrollo sostenible (Cabernard, 2019).

Metodología.

Uno de nuestros ámbitos como ingenieros civiles es poder contribuir a la infraestructura de las ciudades, poder hacer más ameno la vida, el poder transitar por calles, apreciar las grandes obras, construir un hábitat seguro para los habitantes.

Para el diseño de una nueva edificación o rehabilitación, ya no es el simple cálculo estructural, costos, tiempos, ya necesita un análisis más específico y sobre todo un análisis de impacto ambiental, que pueda decirnos en que contribuimos con la edificación al medio ambiente y en que lo estamos perjudicando; hoy las propuestas de nuevos materiales compuestos, materiales reciclados, para remplazar a los tradicionales llegando a ser más sustentables, ya que el usar materiales tradicionales contaminan y es preocupante la gran cantidad que se usa en el mundo.

Para una correcta elección de una reparación de una edificación o de una estructura dañada por sismo, debe seguir unos ciertos pasos, regidos por códigos y normas que rigen en este ámbito (Fig. 2).

Para este análisis plantearemos uno, en base a la reglamentación adecuada.

a) Evaluación. Se tendrá que hacer una evaluación post-sismo, en el cual se detallará las condiciones en las que se encuentra la infraestructura dañada, recopilando la mayor información posible del inmueble (planos, año de construcción, estudios de mecánica de suelos, etc.)
b) Peritaje. Aquí un especialista en estructuras o un perito calificado para dar la valoración

correspondiente de la situación en la que se encuentra el inmueble.

c) Daños principales. Conocer de manera significativa las principales fallas que pueden tener las estructuras provocados por sismo.
d) Técnicas de reparación. Conocer las técnicas, métodos y procesos constructivos aplicables para los diversos daños que pueden tener las estructuras que conforman la edificación.
e) Técnicas de reparación sustentables (TRS). Reconocer que existe la posibilidad de usar técnicas y materiales sustentables, que tienen las mismas o mayores capacidades mecánico-estructural, para reforzar el sistema estructural de la edificación.
f) Comparación. En este análisis se hará un comparativo de las principales técnicas de reparación con materiales cotidianos, contra los materiales sustentables, esto con el fin de impulsar el uso de materiales sustentables.
g) Diseño. Continuando con el proceso para la elección de una técnica de reparación, un ingeniero calculista deberá hacer los cálculos necesarios y pertinentes para poder sustentar la elección de materiales y métodos para la reparación del inmueble.
h) Proceso constructivo. Se tendrá que validar el proceso constructivo para poder empezar a realizar los trabajos de manera que aseguren la correcta ejecución para poder garantizar que el inmueble estará en óptimas condiciones para su uso.
i) Ventajas de usar TRS. Para este artículo se enfatizará en el poder usar las TRS, en un proceso de rehabilitación de una estructura dañada por sismo.

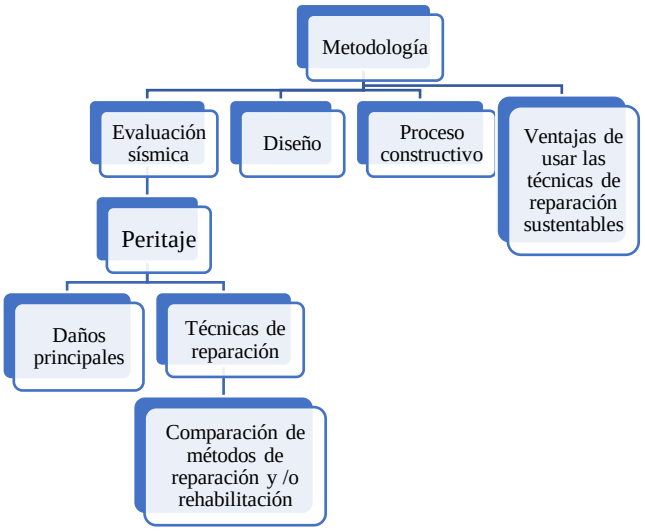


Fig. 2 Metodología para la rehabilitación de edificaciones dañadas

Resultados.

Para poder rehabilitar un elemento estructural (columna, trabe, losa), conocimos sus principales fallas así como las técnicas de reparación tradicionales para aumentar sus resistencia, ductilidad y ambas; por lo tanto en esta investigación analizamos los pros y contras de cada una de esas técnicas, comparándolo con las fibras y obtuvimos que las fibras tienen igual o mejor comportamiento que algunos estos materiales, a lo que las fibras tienen mejor gravedad especifica lo cual da ventaja en transporte y trabajabilidad, tiene mayor fuerza de tensión que el acero y no tiene problemas de corrosión como el acero, menor mantenimiento y permite reforzar sin demoler, sin ampliar las secciones, por lo que se concluye que es una opción bastante aceptable que puede dar inicio para que el edificio sea mas sustentable y de esta manera aumentar su ciclo de vida (Fig. 3).

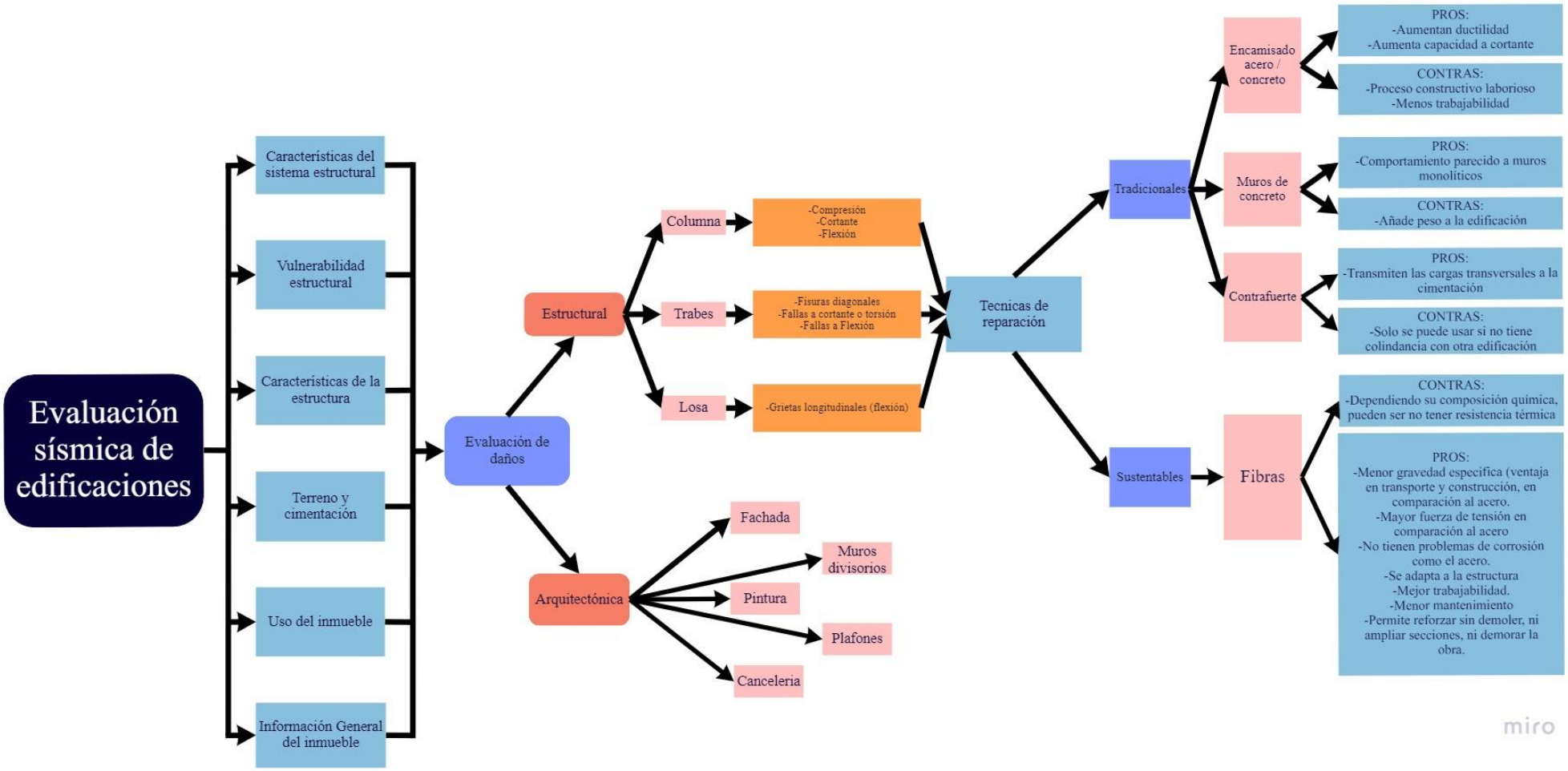


Fig. 3 Procedimiento para una rehabilitación de una edificación

Discusión de conclusiones.

- Como primer punto, cada caso de edificación dañada es diferente, por lo tanto, las TRS, deben ser evaluadas en cada caso como opción si es viable, asegurando siempre y cuando una rehabilitación adecuada a las necesidades.
- Para este estudio solo se limitó a estudiar propiedades mecánicas-estructurales, de los materiales, haciendo comparación con los materiales de las técnicas de reparación usuales.
- A pesar de contar con TRS, en este proyecto, se necesita comprobar mediante modelados y análisis mas rigurosos para poder utilizar en dado caso alguna de estas técnicas.
- Aunque ya seleccionada y aprobada alguna técnica, se debe asegurar el correcto proceso constructivo para asegurar un buen funcionamiento.

Referencias.

Alkandari A, A. M. (2012). Smart cities: a survey. *Journal of Advanced Computer Science and Technology Research*.

Annez, P. C. (2008). Urbanization and growth: Setting the context. doi:https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7573-0.

Cabernard, L. e. (2019). *A new method for analyzing sustainability performance of global supply chains and its application to material resources.*

Castán, J. A. (2016). Improving vehicular mobility in urban traffic using ubiquitous computing. doi:https://doi.org/10.4236/jcc.2016.410006.

Cosgrave. (2018). The smart city: challenges for the civil engineering sector. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Smart Infrastructure and Construction*. doi:https://doi.org/10.1680/jsmic.17.00012

Degbelo, A. B. (2016). *Toolkits for smarter cities: A brief assessment*. Las palmas, Gran Canaria. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-48799-147.

Fukuyama Hiroshi, S. S. (2000). Japanese seismic rehabilitation of concrete buildings after the Hyogoken-Nanbu Earthquake. *Elsevier Science Ltd.*

Hoult N, B. P. (2009). Wireless sensor networks: creating 'smart infrastructure'. doi:http://dx.doi.org/10.1680/cien.2009.162.3.136.

J.M. Jara, E. H. (2019). Building damages during the September 19, 2017 earthquake in Mexico City and seismic retrofitting of existing first soft-story buildings. *Engineering Structures*. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109977

Lye, R. K. (2016). *Sustainable Construction Materials: Copper Slag.*

Morimoto. (2010). Estimating the benefits of effectively and proactively sensor system. . *Socio-economic Planning Sciences* .

Nations, U. (2014). World urbanization prospects: The 2014 Revision Highlights (ST/ESA/SER.A/352). doi:https://doi.org/10.4054/DemRes.2005.12.9.

Ralegaonkar, M. M. (2016). Sustainable Construction Materials. En M. M. Rahul V. Ralegaonkar, *Sustainable Construction Materials* (pág. 2). doi:10.4018/978-1-5225-0302-6.ch001

SAINT-GOBAIN, I. (2019). *Certificaciones Ambientales LEED, BREEAM, VERDE Y WELL.* Guadalajara.

UNECE. (2015). Key performance indicators for smart sustainable cities to asses the achievement ofsustanaible development goals.

Weiss, A. (2009). Smart infrastructure matches supply and demand.

Wood, R. S. (2018). Growth in environmental footprints and environmental impacts embodied in trade: resource efficiency indicators from EXIOBASE3.

Aspectos en el Diseño de red Ethernet para la Industria 4.0.

Heriberto Zúñiga Vázquez, Raúl Ramírez López
Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro
e-mail: m19141453@itq.edu.mx, raulramirezlopez@mail.itq.edu.mx

Resumen

En este artículo nos enfocaremos a un sistema de un proceso industrial, en el cual es necesario medir variables de equipos involucrados, y con la aplicación de tecnologías avanzadas en software, es posible gestionar todos los aspectos de negocio de una compañía en forma integrada. El propósito de este trabajo es proveer una guía de pasos o tareas que ayude en la implementación de una infraestructura de red en áreas productivas, que den valor agregado a productos de consumo. Se incluirán recomendaciones o requerimientos para emplear el uso de herramientas tecnológicas en la implementación exclusivamente de la red.

- En líneas de producción, que está conformada por equipos, los cuales dan valor agregado a productos de consumo.
- Equipos integrados en un proceso de llenado, alimentados de insumos o materias primas, que, durante el proceso a través de esta Línea, van conformando el producto que se destinará a la venta, como un bien de consumo.
- Áreas de proceso de llenado de productos, que ya trabajan de manera independiente, y en algunos casos, ya tiene enlace básico para intercambio de información.

Abstract

In this article we will focus on a system of an industrial process, in which it is necessary to measure variables of the equipment involved, and with the application of advanced technologies in software, it is possible to manage all the business aspects of a company in an integrated way. The purpose of this work is to provide a guide of steps or tasks that helps in the implementation of a network infrastructure in productive areas, which give added value to consumer products. Recommendations or requirements will be included to employ the use of technological tools in the implementation exclusively of the network.

• In production lines, which is made up of teams, which give added value to consumer products.
• Equipment integrated in a filling process, fed with inputs or raw materials, which, during the process through this Line, form the product that will be used for sale, as a consumer good.
• Product filling process areas, which already work independently, and in some cases, already have a basic link for information exchange.

Palabras clave: Industria 4.0, OT = Operation Technology; IT = Information Technology. Media Física, Cableado Estructurado.

Key words: Industry 4.0, OT = Operation Technology; IT = Information Technology. Physical Media, Structured Cabling.

Introducción

Antecedentes. El diseño de una red Ethernet estandarizada, tiene el objetivo de emplearse en tecnologías avanzadas en el marco de la Industria 4.0, la cual, es tendencia en Innovación al aplicarse en industrias, particularmente, en sus procesos administrativos y de producción. Es parte de la investigación y desarrollo de toda empresa que desea seguir vigente en el mercado.

A continuación, se enlistan los requisitos mínimos en el diseño de redes:

1. El estándar EIA/TIA 568 sobre cableado de telecomunicaciones, está destinado a edificios comerciales. El propósito de dicho estándar es:

- Ser universal en servicios soportados.
- Ser universal desde cualquier fabricante que lo oferte.
- Base para el desarrollo de otros estándares de comunicaciones (voz, imagen, redes locales alámbricas e inalámbricas).
- Definir parámetros que permitan establecer el cableado de un edificio, incluso antes que nadie lo ocupe. (EPICOR, 2019)

Una **Línea de Producción** está integrada por equipos individuales, los cuales trabajan de manera ordenada para agregar partes al producto que se fabrica, para llegar a un resultado final. Durante el trabajo de cada máquina, existen variables que reflejan los comportamientos, los que pudieran medirse, y de ellos, obtener un historial de reportes. Las personas que operan las máquinas al final del turno realizan un reporte de incidentes que tuvieron durante el turno de producción. Estas variables serían:

- Paros por falta de insumos.
- Alarmas y fallas de la maquinaria.
- Paro por falta de personal u horario de comida.
- Paros por mantenimiento.
- Incidentes generales.
- Etcétera.

Todas estas variables son relativas al rendimiento de la producción del producto que se elabora. Tradicionalmente, los datos son recabados de manera escrita en reportes, que son llenados por los operadores, presentándose falta de datos.

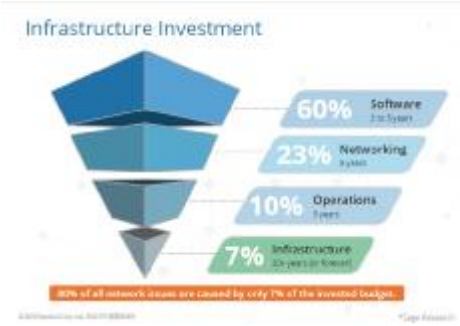


Figura 1

Estadísticamente se estima que alrededor del 80% de las fallas en la red se originan en su instalación. Esto representa una gran oportunidad para el realizador de este proyecto (Figura 1). La vida de esta infraestructura se considera por arriba de los 20 años. (First Cloud Tecnologías de Información, 2020)

En un estudio demográfico reciente del INEGI, sobre esperanza de vida de los negocios en México, de 2016, se establece que, tras ser creadas, tiene una expectativa de vida de 7.8 años, según el promedio a nivel nacional. Y en este contexto, nacen muchas empresas que, al entrar al mercado, sin una planeación firme y sustentada, además de recursos económicos limitados, resulta que, de presentar fallas en la implementación de proyectos tecnológicos, presentan pérdidas, tanto en tiempo, como recursos financieros. Desafortunadamente, este tipo de implementaciones genera en el mercado de la industria la desconfianza del usuario, llegando a considerar solamente trabajar con empresas extranjeras o, sobre todo, las que recomiende el fabricante o marca, dejando perder la oportunidad en este mercado a las empresas mexicanas o regionales establecidas, sin la oportunidad de ofrecer un el soporte técnico confiable. (INEGI, 2014)

Problemática

En una instalación de Red, las fallas que se presentan en las comunicaciones son el 80% del total de problemas reportados, motivo por el cual, es imperativo hacer una “Columna Vertebral” de Red en una nave Industrial, deseable que sea Robusta para soportar la implementación de IoT, Industria 4.0, como tecnología avanzada, con herramientas administrativas. Estas tareas deben tener coordinación con los administradores de

Redes de Oficina y los de Redes Operativas, para que sea acorde a los requerimientos y estándares empresariales.

Infraestructura tradicional de IT (tecnologías de Información), que se implementa en las empresas, comúnmente se realiza en oficinas, estas mismas prácticas de instalación se ponen en práctica en ambientes industriales, dejando mucho que desear en la calidad de la instalación. Siendo esto un impedimento para la utilización de nuevas tecnologías.

Objetico General

Realizar una metodología, en la que se consideren todos los pasos referentes al análisis, entornos ambientales, y los requerimientos en particular del diseño de una infraestructura de red Ethernet. Que sean parte de un paquete tecnológico, con especificaciones y propuestas factibles, acorde a presupuesto y recursos del cliente.

Objetivos específicos:

- Aplicar y cumplir las normas y estándares para manejo de herramientas y material para una correcta instalación de cableado estructurado.

- Tener un documento, en el cual se apliquen conocimientos para hacer una instalación de sistema de cableado estructurado, desde sus primeros pasos hasta la finalización de este.

- Realizar una Ingeniería de detalle, con información relevante y necesaria para la especificación del paquete tecnológico.

Meta

Implementar el uso de la metodología del diseño de una red, en una línea de llenado, en el transcurso del semestre próximo (enero a junio 2021).

Justificación:

El no planear un diseño adecuado de red, para emplearse con tecnologías del marco de la industria 4.0 en México, provocará que se tengan pérdidas de tiempo y recursos en el rendimiento de esta tecnología, y se verá reflejado con ventajas competitivas de los adversarios con los clientes. (industrie40.vdma.org, 2017)

En todo el mundo las empresas y los gobiernos con visión de futuro, entienden la necesidad de invertir y el objetivo es ayudar a las industrias a aprovechar la inteligencia generada por el internet de las cosas a fin de optimizar procesos, aumentar la eficiencia, y estimular la innovación.

Desarrollo y Metodología

Se realizarán los estudios necesarios para definir a qué procedimientos apegarse, para la creación de la metodología, considerando importantes los siguientes aspectos:

- El levantamiento de información de la situación actual se realizará por medio de visitas a la planta de la empresa cliente, en donde se utilizará el método de investigación de observación y entrevistas, que permitirán conocer cómo se encuentra la infraestructura tecnológica y física en cuanto a comunicaciones; para luego poder determinar parámetros y requerimientos de la empresa para la fase de diseño.

- Conexión de la Producción con otras áreas de la Empresa.
- En un análisis con la guía de diseño TIA-1005-A o también la ISO/IEC 11801-3 M.I.C.E, que son los documentos se va a realizar un análisis del entorno a donde se proyecta el desarrollo e implementación de una red 4.0.



Figura 2. Consideraciones de normas y estándares en el diseño de infraestructura física.

La figura 2 tiene como propósito el identificar los aspectos y variables, con sus respectivas normas y estándares vigentes que recomiendan fabricantes de tecnología en redes.

Resultados y conclusiones

En base a la entrevista al jefe de planta y a trabajadores, se obtienen requerimientos en cuanto a áreas de trabajo, número de puntos de red, capacidad del Hardware y aspectos de infraestructura entre otros, con el fin de tener claras las necesidades y requisitos que el sistema de comunicación a desarrollar debe cubrir.

Se contempla un cuarto de equipos de acuerdo a las necesidades, posibilidades y normas de la empresa, así como el Cableado Estructurado para la comunicación con la planta productiva.

El tener el respaldo de marcas a nivel internacional, ayuda a la caracterización de las oportunidades que se detectan e implementan, en cualquier proyecto, o modelo de negocio, se obtiene alguna mejora, desde lo más simple, quizá hasta lo más complejo e innovador. Acotar el detalle de la innovación que se requiera plantear. También el tipo de objetivo planteado a detalle y más específico.

Se pretende implementar (como se menciona en la meta) el uso de la metodología del diseño de una red, en una línea de llenado, en el transcurso del semestre próximo (enero a junio 2021).

Referencias Bibliográficas:

EPICOR. (14 de junio de 2019). Epicor Software Corporation. Obtenido de https://www.epicor.com/: https://www.epicor.com/es-mx/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/

First Cloud Tecnologías de Información. (January de 2020). Obtenido de https://www.firstcloudperu.com/Cableado%20Estructurado%20Panduit.html

industrie40.vdma.org. (2017). Industria 4.0 Guía para su introducción en la pequeña y mediana empresa. Frankfurt Germany: VDMA Verlag GmbH.

INEGI. (1 de 1 de 2014). INEGI. Censos Económicos 1989, 1994, 1999, 2004, 2009 y 2014. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/temas/evnm/