UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SOMOS UAQ
SERVIR CONSTRUIR TRANSFORMAR

9° ENCUENTRO

DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS DEL ESTADO DE QUERÉTARO

ENERO 2022

"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
Directora de atención a la comunidad universitaria
Mtro. Luis Alberto Fernández García
Secretario Particular de la Rectoría
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Secretaria de Investigación, Innovación y Posgrado
Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes
Directora de Investigación
Mtra. Karina Villarauz Camargo
Coordinadora de Difusión y Enlace

L.A.V. Alma Ivonne Méndez Rojas
L.A.V. Brenda Paola Sosa Vergara
Diseño

Mtra. Karina Villarauz Camargo
Comité editorial

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes
Comité organizador

Publicación especial No.9 de la Dirección de Investigación
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 (UAQ), tiene el compromiso de formar estudiantes con habilidades que les permitan consolidar su formación como futuros profesionistas. El personal directivo, docentes, investigadoras e investigadores de las distintas instituciones de educación superior del Estado de Querétaro, incentivan la formación y desarrollo de competencias en los jóvenes que les permitirán aplicar, difundir y divulgar el conocimiento en su transitar a través de la sociedad.

El foro académico denominado **"Encuentro de Jóvenes Investigadores e Investigadoras 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 y posgrado durante estancias de verano o como proyectos de tesis, son expuestos ante un comité científico especializado en el tema y al público en general; con el fin de estimular la vocación científica, la innovación y la transferencia de conocimiento.

El 9º Encuentro de Jóvenes Investigadores contó con la asistencia y participación de **140 personas: 88 ponentes** pertenecientes a siete diferentes instituciones de Querétaro y **51 investigadores e investigadoras** que integraron al Comité Científico (31) y al Jurado (20), quienes se encargaron de evaluar trabajos escritos y orales. Las y los ganadores de las diferentes áreas del conocimiento fueron aquellos que obtuvieron la calificación más alta en el trabajo escrito y la presentación oral. Los proyectos que fueron expuestos se encuentran compilados en la presente memoria, la cual, respeta el estilo y redacción de los trabajos.

Cabe mencionar que, con el apoyo de la administración central, de las 13 Facultades y la Escuela de Bachilleres de la UAQ, se logró realizar el 9° Encuentro de Jóvenes Investigadores e investigadoras del Estado de Querétaro, por lo que agradecemos ampliamente el respaldo para dar continuidad a este foro de intercambio de conocimiento. Con este tipo de acciones se reafirma el compromiso social que tienen las Instituciones de Educación Superior y sus investigadoras e investigadores en generar espacios que fortalezcan la formación en investigación, punto clave para el desarrollo científico y tecnológico que requiere 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. Andrés Déctor Espinoza	Universidad Tecnológica de San Juan del Río
Dr. Arturo Hernández Hernández	Ingeniería Mecatrónica. UPQ
Dr. Arturo Toscano Giles	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dr. David Bravo Avilez	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.
Dr. Eduardo Enrique Pérez Ramírez	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dr. Eduardo Enrique Pérez Ramírez	Universidad del Valle de México Campus Querétaro
Dr. Enrique Leonardo Kato Vidal	Facultad de Contaduría y Administración, UAQ
Dr. Gabriel Corral Velázquez	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dr. Héctor Gutiérrez Sánchez	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ.
Dr. Héctor Paul Reyes Pool	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dr. José Gabriel Ríos Moreno	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dr. José Guadalupe Gómez Soto	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ
Dr. Juan Manuel García Guendulain	Ingeniería en Tecnología Automotriz. UPQ
Dr. Omar Rodríguez Abreo	Ingeniería en Tecnologías de Manufactura. UPQ
Dr. Raúl Ramírez López	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dr. Ricardo Francisco Mercado Curiel	Facultad de Medicina, UAQ
Dr. Rodrigo Hernández Alvarado	Ingeniería en tecnología automotriz. UPQ
Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Adela Becerra Chávez	Universidad Politécnica de Querétaro
Dra. Alondra Anahí Ortíz Verdín	Universidad Politécnica de Querétaro
Dra. Ana Angélica Feregrino Pérez	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Ana Gabriela Hernández Puga	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Carmen Imelda González Gómez	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dra. Cintli Carolina Carbajal Valenzuela	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ.
Dra. Claudia Cinthya Peña Estrada	Facultad de Contaduría y Administración, UAQ.
Dra. Diana Amaya Cruz	Facultad de Ingeniería, UAQ
Dra. Elsa Cristina Navarrete Ochoa	Facultad de Bellas Artes, UAQ
Dra. Ester Bautista Botello	Facultad de Lenguas y Letras, UAQ
Dra. Gloria Yareli Gutiérrez Silerio	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Guadalupe Soledad López Álvarez	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Haydé Azeneth Vergara Castañeda	Facultad de Medicina, UAQ
Dra. Ilithya Guevara Hernández	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ.
Dra. Ma. Elena Villagrán Herrera	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Mardey Liceth Cuellar Nuñez	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. Mónica Sanaphre Villanueva	Facultad de Lenguas y letras UAQ
Dra. Oliva Solís Hernández	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ
Dra. Rosa Martha Pérez Serrano	Facultad de Medicina, UAQ
Dra. Rosario Barba González	Facultad de Bellas Artes, UAQ
Dra. Tércia Cesária Réis de Souza	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ

Dra. Valeria A. Belloro	Facultad de Lenguas y letras, UAQ
M. en C. Fabiola Hernández Hernández	Universidad Politécnica de Querétaro
M.C. Alicia Prieto Uscanga	Instituto Tecnológico de Querétaro
M.C. Ma. Teresa López Ostria	Instituto Tecnológico de Querétaro

STAFF DE APOYO

Secretaría de Investigación y Posgrado

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Dra. Azucena de Concepción Ochoa Cervantes
M. en C. María Aurora Martínez Álvarez
M. en C. Rosa María Lujan Rico
M. en C. Karina Colín Yáñez
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. María de la Luz Santillán Guardiola

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SOMOS UAQ
SERVIR CONSTRUIR TRANSFORMAR

MEMORIAS DEL 9° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS DEL ESTADO DE QUERÉTARO.

BLOQUE **SALUD**

9° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
E INVESTIGADORAS
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

"Ideas jóvenes para impulsar el crecimiento del país"

INDICE

BLOQUE SALUD

Aguilar Maciel María del Rocío
Alamo Romo Abril Michelle
Avendaño Escoto Luis Alberto
Cadena López Ricardo Omar
Franco Rodríguez Eduardo Francisco
García Gutiérrez Nataly
González Mendoza José Rafael
Hernández Medina Ricardo
Landeros Alamilla Bryan Modesto
Lázaro Vidal Víctor
Lozano Herrera Sara Julietta
Martínez Aguilar Violeta
Martínez Delgado Luz Elena
Meza Arcos David
Miranda Ibarra Susana
Olmedo Pérez Gabriela
Reséndiz Aguilar Juan Armando
Reséndiz Jaramillo Ariadna Yaneli
Salcedo Robles Ivana
Salinas Ávila Erick
Sanabria Romero Fausto
Sánchez Recillas Edelmira
Soto Ontiveros Valeria Jacqueline
Tapia González Lilia Maribel

Uso de dispositivos móviles y resolución de problemas de salud mental, en alumnos y maestros.

Autoría: María del Rocío Aguilar Maciel.
Asesor: Dr. Carlos Alberto Murillo Cárdenas.

Resumen

Los móviles y el internet han venido a solucionar gran parte de situaciones a las que se enfrenta el ser humano, sin embargo, poco se preocupa por la influencia que tiene la tecnología sobre su salud mental. El siguiente estudio tuvo como objetivo principal determinar la relación que existe entre el uso de los dispositivos móviles y la capacidad para resolver problemas de salud mental en los alumnos y maestros de educación universitaria de la Universidad Autónoma de Querétaro Campus Jalpan. A través de un estudio cuantitativo, se analizaron 78 individuos, mediante el cuestionario de Uso Problemático de las Nuevas Tecnologías (UPNT) y la Escala de Resiliencia de 14 ítems, los cuales se les fueron enviados vía electrónica en formularios de Google; se detectó que 20.5% de la muestra fueron docentes, mientras que el resto (79.5%), perteneció al alumnado de las diferentes licenciaturas que oferta el campus (administración, contabilidad, derecho y enfermería). Se comprobó que, entre el uso de la tecnología móvil y la capacidad para resolver problemas de salud mental (resiliencia), pudiera existir una relación positiva, ya que se identificó un uso problemático, sobre todo en la conexión a internet (94.9% ha creído al menos una vez, se ha conectado más del tiempo que cree necesario); y un 61.6% ha considerado en algunas ocasiones, encontrarse mal cuando por algún motivo no puede conectarse a internet. Por otra parte, se identificó que, a pesar del uso excesivo de los dispositivos móviles, la población estudiada posee altos niveles de resiliencia.

Palabras clave:
Uso, tecnología, resiliencia.

Abstract

Mobile phones and the internet have come to solve many of the situations that human beings face, however, little cares about the influence that technology has on their mental health. The main objective of the following study was to determine the relationship between the use of mobile devices and the ability to solve mental health problems in students and teachers of university education at the Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Jalpan. Through a quantitative study, 78 individuals were analyzed, using the questionnaire on Uso Problemático de Nuevas Tecbologías (UPNT) and the Escala de Resiliencia de 14 items, which were sent to them electronically in Google forms; It was detected that 20.5% of the sample were teachers, while the rest (79.5%) belonged to students of the different degrees offered by the campus (administration, accounting, law and nursing). It was found that, between the use of mobile technology and the ability to solve mental health problems (resilience), there could be a positive relationship, since a problematic use was identified, especially in the internet connection (94.9% believed at least once, logged in longer than you think necessary); and 61.6% have considered, on some occasion, feeling bad when for some reason they cannot connect to the internet. On the other hand, it was identified that,

despite the excessive use of mobile devices, the population studied has high levels of resilience.

Key words:
Use, technology, resilience.

Introducción

Los dispositivos móviles en la actualidad forman parte fundamental en la vida del ser humano, son utilizados para realizar y facilitar distintas tareas que en su ausencia se tornarían complejas. Forja sus relaciones personales a través de la pantalla de su móvil, realiza negocios con solo un clic y ejecuta grandes compras desde su hogar.

Algunos autores como Rodríguez et al (2019), han indagado sobre la adicción al uso del móvil, estos autores puntualizan que dicha adicción ocupa un lugar trascendental dentro de los tipos de consumo adictivos. Aunado a lo anterior, investigaron sobre las repercusiones de la adicción en la personalidad del individuo tomando como muestra 419 habitantes de la ciudad Autónoma de Buenos Aires Argentina.

En otro artículo escrito por Garrote, Jiménez y Gómez (2018), bajo una investigación cuantitativa, se buscó conocer el tiempo que dedican los universitarios a las nuevas tecnologías diaria y semanalmente y se identificó si su uso se convierte en un problema.

Se obtienen cuatro conclusiones; primero, los estudiantes dedican una gran cantidad de su tiempo al uso de las nuevas tecnologías, llegando a ser excesiva en muchos de ellos. Segundo, sus características de uso muestran la necesidad que tienen de estar conectados, anticipándose en algunos casos a la posibilidad de que no puedan conectarse, y de convertirse en una herramienta que les relaje, probablemente por la actitud pasiva que requiere. Tercero, debemos considerar el impacto de los problemas asociados al mal uso de las TIC, como malestar por ser incapaz de desconectarse, mentir al círculo más cercano sobre el tiempo que dedican y dependencia, con la necesidad de consultar frecuentemente el móvil.

En cuanto a la capacidad para resolver problemas, cabe señalar que diversos autores han averiguado sobre ello, pero desde una perspectiva didáctica, un ejemplo de ello es el estudio realizado por Zona y Giraldo (2017), titulado “Resolución de problemas: escenario de pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias”, ellos realizaron un estudio mixto con 163 estudiantes de 5 instituciones de educación primaria de la ciudad de Manizales Colombia. Recolectaron y analizaron datos que permitieron diseñar y proponer 6 niveles de resolución de problemas que fueron contrastados con diversos aspectos teóricos, demostrando mejores desarrollos en niveles de resolución de problemas mientras avanza la intervención en el aula.

En un estudio donde se revisaron las competencias digitales y la resiliencia como destrezas o capacidades funcionales para la humanización tecnológica y el soporte emocional para integrarse a la ciudadanía digital (Holguin-Alvarez, Rojas, Romero-Hermoza, Ledesma-Pérez, & Cruz-Montero, 2021), se encontró que las competencias digitales se enfocan en el Conectivismo como Constructivismo Digital, en el cual se comprende que los docentes conocen y utilizan los medios y la información de las redes para realizar procesos formativos. Por otro lado, la teoría humanista y ecologista de la resiliencia la establecen como la competencia del docente para superar las debilidades e incrementar las fortalezas en su tarea virtual.

Particularmente, en este contexto de competencias digitales y padecimientos derivados del uso de los

dispositivos digitales, es necesario que los alumnos y docentes adquieran un funcionamiento autónomo saludable (Kagitcibasi, 2005) y competencias tales, como autoeficacia, autonomía, autodeterminación, locus de control interno, autorregulación (Pick et al., 2007) y la posibilidad de una conducta autodirigida (Frank, Avery, & Laman, 1988), además habilidades para solución de problemas, calidad de vida y bienestar, emociones positivas, humor y optimismo, fuerza cognitiva y apoyo social (Toledano-Toledano et al., 2020), y adaptarse positivamente a la adversidad (Luthar, 2006).

Si la resiliencia es un proceso de adaptación positiva ante la adversidad (Luthar, Cicchetti, & Becker, 2000), implica el ejercicio de competencias en contextos que implican un reto significativo para la adaptación (Masten & Coatsworth, 1998).

Por ello la literatura nos ha mostrado que la prevención y atención de la salud mental es un aspecto fundamental para el funcionamiento personal, de docentes y alumnos en instituciones educativas.

Por otra parte, los estudios anteriores llevan a la conclusión de que las nuevas tecnologías pudieran no solucionar todas las adversidades, sino que se pudieran tornar como un problema más. Cuando se trata de resolver los problemas que se van presentando en la cotidianeidad, los docentes y alumnos pueden y deben presentar competencias que les permitan superar esas adversidades desde su autonomía. Si por un lado se presenta el desarrollo de habilidades o competencias digitales, entonces esta habilidad puede ser usada para diversos fines, uno de ellos es la resolución de los problemas de salud mental.

Aunado a lo anterior, no se encontró investigación alguna que correlacione los dispositivos móviles con la capacidad para resolver problemas de salud mental. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la relación que existe entre el uso de los dispositivos móviles y la capacidad para resolver problemas de salud mental en los alumnos y maestros de educación universitaria que radiquen en la Universidad Autónoma de Querétaro Campus Jalpan.

Asimismo, se pretende que el estudio sea revelador para toda la sociedad, ya que la tecnología móvil es utilizada por gran parte de la población; se parte de la hipótesis de que, a mayor uso de la tecnología móvil, la capacidad para resolver problemas de salud mental será menor, es decir una relación inversamente proporcional.

Metodología

Se trató de un estudio de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de tipo transversal. Aplicado en alumnos y maestros de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Jalpan. Mediante un muestreo de tipo aleatorio sistemático, se obtuvo una participación de 78 individuos.

Dentro de las variables cualitativas, en lo que respecta a la edad, se evaluó por rangos de edad basados en las algunas etapas de vida, según Mansilla (2009): joven, 18 a 24 años; adultos jóvenes, 25 a 39 años; adultos intermedios, 40 a 49 años; adultos tardíos, 50 a 64 años; senectos primarios, 65 a 69 años; y senectos intermedios de 70 a 74 años. Interpretándose a través de una escala de medición ordinal.

Tratándose del lugar de residencia, los datos fueron interpretados a partir de preguntas abiertas, el entrevistado tuvo la oportunidad de expresar libremente el nombre de su colonia, comunidad o

municipio, y estos se cuantificaron de forma nominal.

Por otra parte, el nivel de escolaridad se apreció de acuerdo a si las personas contaban con bachillerato, licenciatura, maestría o doctorado. Y se valoró en términos ordinales.

En el mismo sentido, el género se evaluó utilizando como opciones el género masculino, femenino u otro. A través de una escala de medición nominal. Finalmente, el estado civil fue estimado con base a las siguientes opciones: casado (a), soltero (a), en unión libre, o viudo (a). Esto utilizando una escala de medición nominal.

Tratándose de las variables cuantitativas estás se midieron usando los siguientes instrumentos:

El cuestionario UPNT, fue utilizado para la medición de la variable "uso de la tecnología móvil". Es un cuestionario auto aplicado, consta de 41 ítems. Su objetivo es identificar el riesgo de conductas problemáticas con respecto al uso de Internet, videojuegos, teléfono móvil y televisión. Las dos primeras preguntas tratan sobre la frecuencia y problemas en el uso de las diferentes nuevas tecnologías (NT), seguidas de 10 ítems para identificar posibles conductas problemáticas en el uso de Internet, 10 para videojuegos, 10 para teléfono móvil y 9 para televisión. Posee preguntas cerradas, proporcionando el propio cuestionario las opciones de respuesta (Labrador et ál., 2013).

La variable "capacidad para resolver problemas", que se estudió en el área de salud mental, fue cuantificada mediante la Escala de Resiliencia de 14 ítems. Esta es una versión adaptada al español de la Resilience Scale (RS) de 14 ítems de Wagnild. Calcula el nivel de resiliencia de una persona, estimado como una peculiaridad de personalidad positiva, la cual le permite al individuo la adaptación a situaciones adversas. Mide dos factores: Factor I: Competencia Personal (11ítems, auto-confianza, independencia, decisión, ingenio y perseverancia) y Factor II: Aceptación de uno mismo y de la vida (3 ítems, adaptabilidad, balance, flexibilidad y una perspectiva de vida estable) (Sánchez, Robles y Auxiliadora, 2015).
El análisis de los resultados se llevó a cabo con el programa IBM SPSS Statistics 21, Excel y Formularios de Google.

Resultados

De inicio, los cuestionarios fueron enviados a un total de 132 individuos seleccionados, tomando como referencia que su último número de expediente o clave de trabajador terminará en 2,4,6 u 8; de éstos sólo se obtuvo respuesta de 78 participantes (59.09%).

Debido a la condición de restricción social por la actual pandemia por COVID19, se optó por enviarlos a través de un formulario de Google.

Después de analizar los resultados, en cuanto a las variables sociodemográficas, se encontró lo siguiente: el 20.5% de la muestra pertenece a la población docente, mientras que el resto (79.5%), al alumnado de las diferentes licenciaturas que oferta el campus (administración, contabilidad, derecho y enfermería).

Siguiendo con las variables sociodemográficas, se registró un 71.7% de participación del género femenino, y sólo el 28.3% masculino. Se contabilizó, asimismo, un 73.1% de población en edades de 18 a 24 años; 24.4% de individuos de entre 25 a 39 años de edad y 2.4% de 50 a 64 años.

Para la variable lugar de residencia, se analizó por municipios. El que obtuvo mayor incidencia fue Jalpan de Serra con un 51.2%, seguido de Pinal de Amoles con 15.4%; Landa de Matamoros y Arroyo Seco con 11.5% cada uno; se contó con la participación de individuos de Santiago de Querétaro representado un 5.2%; además, el 1.2% de los participantes refirió proceder de San Joaquín y 1.2% de Peñamiller, mientras que el resto reside en el estado de San Luis Potosí.

Según el nivel de estudios alcanzado, el 93.6% refirió haber cursado o estar cursando una licenciatura, el resto manifestó (6.4%) contar con una maestría. Por último, al valorar el estado civil de la muestra, se halló que un 69.5% se encuentra soltero(a), 14.1% casados(as) y 6.4% en unión libre.

Por otra parte, los instrumentos "UPNT" y la escala de Resiliencia de 14 ítems, fueron analizados con ayuda de los formularios de Google, y los softwares Excel y SPSS.

Con respecto al cuestionario de Uso Problemático de Nuevas Tecnologías, que buscaba identificar el uso problemático de los teléfonos móviles y medir el tiempo que le dedican a los mismos. Se encontraron los siguientes datos:

Dentro del conjunto de preguntas del apartado uno y dos, que tratan sobre la frecuencia y problemas en el uso de las nuevas tecnologías se encontró que el 98.7% de los alumnos y docentes participantes, utilizan el teléfono móvil y la conexión a internet todos los días, mientras que el 1.3% solo lo hace alguna vez a la semana, lo que evidentemente representa casi una totalidad de ellos que hace uso de los móviles y el internet en su día a día. En cambio, el 2.6% de ellos acude al ciber todos los días, tratándose de más de la mitad de la población (52.6%) que hace uso de estos establecimientos alguna vez al mes. En lo que a videojuegos respecta, se halló que el 1.3% los utiliza todos los días. El porcentaje que más resaltó en el uso de la televisión, fue de 35.9% que ve la televisión alguna vez a la semana.

A su vez, se descubrió que 64.5% si experimenta algún tipo de conflicto con su familia, pareja o amigos, por gastar demasiado dinero y tiempo al conectarse a internet. De la misma forma, al 78.2% también le han ocasionado, alguna vez, problemas con sus allegados, el uso del teléfono móvil. En cuanto a las demás tecnologías (videojuegos, ciber y televisión), no han representado mayor problema. Los porcentajes anteriores demuestran que el uso de móvil e internet representan un uso problemático para la población universitaria.

Por lo que se refiere a las demás preguntas, que se desarrollan de manera individual para cada nueva tecnología, se encontraron datos relevantes en el uso del teléfono y la conexión a internet.

Por otra parte, la variable capacidad para resolver problemas de salud mental, fue valorada con la escala tipo Likert de Resiliencia de 14 ítems. Derivado de su aplicación y análisis, se observó un campus con altos niveles de resiliencia. Se contaron los puntajes con ayuda del software SPSS y se categorizaron, según los resultados de la suma, en cuatro categorías: muy alta resiliencia, alta resiliencia, resiliencia normal, baja resiliencia y muy baja resiliencia. Para la primera categoría se obtuvo un porcentaje de la muestra de 51.3 %, en la segunda 44.9%, mientras que en la tercera fue de 2.6%, y por último para baja resiliencia solo fue el 1.3%.

La variable capacidad para resolver problemas de salud mental, fue valorada con la escala tipo Likert

de Resiliencia de 14 ítems. Derivado de su aplicación y análisis, se observó un campus con altos niveles de resiliencia. Se contaron los puntajes con ayuda del software SPSS y se categorizaron, según los resultados de la suma, en cuatro categorías: muy alta resiliencia, alta resiliencia, resiliencia normal, baja resiliencia y muy baja resiliencia. Para la primera categoría se obtuvo un porcentaje de la muestra de 51.3 %, en la segunda 44.9%, mientras que en la tercera fue de 2.6%, y por último para baja resiliencia solo fue el 1.3%.

Con lo anterior, se observó que un alto porcentaje de la población en estudio obtuvo adecuados niveles de resiliencia. Sin embargo, es de relevancia mencionar que existe un 1.3% de estos, que posee una baja resiliencia.

Discusión y Conclusiones

Dados los resultados anteriores donde se mostró un alto porcentaje de la muestra tomada, que utiliza las tecnologías de manera diaria y además, presenta algún tipo de problema con sus allegados por el uso constante y tiempo prolongado de uso de las mismas; y que a su vez existen niveles favorables de resiliencia en los mismos, casi en su totalidad; se puede refutar la hipótesis planteada donde se propuso que: a mayor uso de la tecnología móvil, los alumnos y maestros de educación universitaria manifiestan una menor capacidad para resolver sus problemas de salud mental.

Por lo tanto, se comprobó que, entre el uso de la tecnología móvil y la capacidad para resolver problemas de salud mental (resiliencia), si existe una correlación, no obstante, difiere de la planteada en la hipótesis. A su vez, se identificó un uso problemático sobre todo en la conexión a internet, ya que un 94.9% ha creído al menos una vez, se ha conectado más del tiempo que cree necesario; y un 61.6% ha considerado encontrarse mal cuando por algún motivo no puede conectarse a internet.

Originalmente, se primó el uso del teléfono móvil y conexión a internet sobre las demás tecnologías para el estudio, por lo que se resaltaron los resultados de éstos. Aun así, se mostró un bajo porcentaje de alumnos y maestros, que utilizan de manera rutinaria los videojuegos o ven la televisión. Sin embargo, en un par de ellos se pudo observar un uso problemático de los videojuegos.

Cabe señalar que, en la nueva modalidad de estudio y trabajo a distancia a través de las clases en línea, todos los sujetos tomados para el estudio, de alguna manera tienen la necesidad de utilizar sus móviles o conectarse a internet por periodos extensos, algo que no se contempló al inicio de la investigación.

Con lo anterior, se responde la pregunta de investigación, ¿qué relación existe entre el uso de los dispositivos móviles y la capacidad para resolver problemas de salud mental en los alumnos y maestros de Educación Universitaria?, dando como respuesta que, pudiera si existir una relación positiva, ya que los resultados se ajustan al razonamiento de que, a mayor uso de tecnología móvil, se presenta una mayor resiliencia en los individuos. Lo anterior, debido a que, si se encontró un uso habitual de internet y teléfono móvil y, además, un alto nivel de resiliencia entre los docentes y universitarios.

Del mismo modo, se cumplió el objetivo general de la investigación, el cual buscaba determinar la relación entre las dos variables. Asimismo, se dio cumplimiento a los objetivos específicos ya que se

identificó el uso problemático de los dispositivos móviles y se midió el tiempo que dedican al uso de los mismos. Además de evaluar la capacidad para resolver problemas de salud mental en los alumnos y maestros de la UAQ campus Jalpan, a través de la Escala de Resiliencia.

Por último, cabe señalar que si se identificó una minoría de la población con problemas con la televisión y los videojuegos; del mismo modo se distinguió una persona con baja resiliencia, misma que refirió tener algún tipo de problema con el uso del móvil, la conexión a internet y la televisión; en esta última señaló encontrarse mal cuando por algún motivo no puede ver la televisión, además de estar pensando desde horas antes de verla, en ello. Por lo que se pudiera señalar alguna relación entre ver la televisión de manera frecuente y el nivel de resiliencia, pero al solo ser un individuo, no basta para establecer dicha analogía.

En conclusión, se puede afirmar que, la UAQ campus Jalpan cuenta con alumnos y maestros con adecuados niveles de resiliencia, pero con un uso problemático de internet y el teléfono móvil.

En otro orden de ideas, de acuerdo a la búsqueda que se realizó de antecedentes, sobre el tema (Polo et al, 2017; Ramírez y Barragán, 2018; Garrote, Jiménez y Gómez, 2018; González, Salcines y Ramírez, 2018; Rodríguez et al, 2019; Salami y Aremu, 2006; y Zona y Giraldo, 2017), se observó que las investigaciones realizadas sobre los dispositivos móviles o nuevas tecnologías, se enfocan únicamente al tiempo de uso que se les dedica; el uso que se les otorga, por ejemplo como herramientas para el aprendizaje escolar; y las repercusiones relacionadas a su abuso. Aunado a lo anterior, se encontraron estudios sobre la capacidad para resolver problemas, pero desde una perspectiva didáctica. Sin embargo, en la indagación realizada, se buscó ir más allá relacionando directamente el uso de estás tecnologías, con la capacidad para resolver problemas de salud mental, es decir, no se encontró estudio alguno que hable sobre el tema.

Referencias bibliográficas

Frank, S. J., Avery, C. B., & Laman, M. S. (1988). Young adults' perceptions of their relationships with their parents: Individual differences in connectedness, competence, and emotional autonomy. Developmental Psychology, 24(5), 729–737. https://doi.org/10.1037/0012-1649.24.5.729

Garrote, D., Jiménez, S. y Gómez, I. (2018). Problemas derivados del Uso de la Tecnología Móvil en Estudiantes Universitarios. Formación Universitaria, 11(2), 99-108. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50062018000200099&lng=es&nrm=iso

González, N., Salcines, I. y Ramírez, A. (2018). Dispositivos móviles –smartphones & tablets– Y comunicación en familia Diseño de un focus group. Prisma social No 20, 21-29.

Gottret, M. V. (2011). El enfoque de Medios de Vida Sostenibles (Vol. 148). Nicaragua.

Holguin-Alvarez, J., Rojas, M. R., Romero-Hermoza, R. M., Ledesma-Pérez, F., & Cruz-Montero, J. (2021). Competencias digitales y resiliencia: una revisión teórica enfocada en el profesorado. Apuntes Universitarios, 11(4), 269–295. https://doi.org/10.17162/AU.V11I4.773

Kagitcibasi, C. (2005). Autonomy and Relatedness in Cultural Context: Implications for Self and Family. Journal of Cross-Cultural Psychology, 36(4), 403–422. https://doi.org/10.1177/0022022105275959

Labrador, F., Villadangos, S., Crespo, M. y Becoña, E. (2013). Desarrollo y validación del cuestionario de uso problemático de nuevas tecnología (UPNT). Anales de psicología, 29 (3), 836-847.

Luthar, S. S. (2006). Resilience in development: A synthesis of research across five decades. In Developmental psychopathology: Risk, disorder, and adaptation, Vol. 3, 2nd ed. (pp. 739–795). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons, Inc.

Luthar, S. S., Cicchetti, D., & Becker, B. (2000). The Construct of Resilience: A Critical Evaluation and Guidelines for Future Work. Child Development, 71(3), 543–562. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00164

Mansilla, M. (2000). Etapas del desarrollo humano. Revista de investigación en psicología, 3 (2), 105-116.

Masten, A. S., & Coatsworth, J. D. (1998). The Development of Competence in Favorable and Unfavorable Environments: Lessons from Research on Successful Children. American Psychologist, 53(2), 205–220. https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.2.205

Miranda, B. (2003). Capital Social, Institucionalidad y Territorios: El caso de Centroamérica.

Pick, S., Sirkin, J., Ortega, I., Osorio, P., Martínez, R., Xocolotzin, U., & Givaudan, M. (2007). Escala Para Medir Agencia Personal y Empoderamiento (ESAGE). Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology, 41(3), 295–304. Retrieved from https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28441304

Polo, M., Mendo, S., León, B. y Felipe, E. (2017). Abuso del móvil en estudiantes universitarios y perfiles de victimización y agresión. Adicciones, 29(4), 245-252. Recuperado de http://www.adicciones.es/index.php/adicciones/article/view/837/843

Ramírez, U. y Barragán, J. (2018). Autopercepción de estudiantes universitarios sobre el uso de tecnologías digitales para el aprendizaje. Apertura, 10(2), 94-109. Recuperado de http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/1401

Rodríguez, C., Marcelo, Diaz, M., Agostinelli, J. y Daverio, R. (2019). ADICCIÓN Y USO DEL TELÉFONO CELULAR. Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UCBSP, 17(2), 211-235. Recuperado en 2 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-21612019000200001&lng=es&tlng=es.

Salami, S. y Aremu, O. (2006). Relación entre capacidad para resolver problemas y conductas de estudio en estudiantes en el suroeste de Nigeria. Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 4(8), 139-154. Recuperado de http://ojs.ual.es/ojs/index.php/EJREP/article/view/1177/1149

Sánchez, D., Robles, B. y Auxiliadora, M. (2015). Escala de Resiliencia 14 ítems (RS-14):

propiedades psicométricas de la versión en español. Revista Iberoamericana de diagnóstico – e A Valicao Psicológica, 2 (40), 103-113.

Toledano-Toledano, F., Moral de la Rubia, J., Nabors, L. A., Domínguez-Guedea, M. T., Salinas Escudero, G., Rocha Pérez, E., … Leyva López, A. (2020). Predictors of Quality of Life among Parents of Children with Chronic Diseases: A Cross-Sectional Study. Healthcare , Vol. 8. https://doi.org/10.3390/healthcare8040456

Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. Tabula Rasa, (28), 409–423. https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18

Zona, J. y Giraldo, J. (2017). Resolución de problemas: escenario de pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 13(2), 122-150.

Estilo de vida y riesgo para diabetes en hijos de padres con DMT2

Resumen

Introducción: La diabetes es un problema de salud pública. Conocer el estilo de vida y el riesgo para diabetes en personas con carga genética es fundamental para la prevención. **Objetivo:** Determinar el estilo de vida y el riesgo para diabetes en hijos de padres con DM2 en la UMF9 en Querétaro. **Metodología:** Estudio transversal descriptivo. Las variables fueron, sexo, ocupación, escolaridad, enfermedades cronicodegenerativas previas, nivel socioeconómico, edad y antecedente heredofamiliar por parte de padre o madre con DM2, estilo de vida con cuestionario (PEPS-I) (Pender) y la escala de riesgo FINDRISC. El tamaño de muestra de 375. Se incluyeron pacientes de ambos sexos con uno o ambos progenitores con diagnóstico de DM2, edad entre 18 a 45 años; se excluyeron pacientes con DM2, así como enfermedades que le impidieran contestar el cuestionario, como dificultades motrices. Se eliminaron cuestionarios incompletos. Se utilizó estadística descriptiva, frecuencias, porcentajes e intervalos de confianza. **Consideraciones éticas**: Se contempló la reglamentación ética vigente al someterse a un comité de investigación local en salud. **Resultados**: El nivel de riesgo para diabetes predomino el riesgo ligeramente elevado en 57.6%. Se obtuvo un estilo de vida bueno en 60.3% (IC95%; 53.3-65.3). **Conclusiones**: El riesgo para tener diabetes es ligeramente elevado en hijos de padres con diabetes, según la escala de FINDRISC y a pesar de que la mayoría de la población tuvo una alta puntuación en lo que respecta al estilo de vida; es importante considerar cada una de las dimensiones que componen el instrumento de estilo de vida.

Palabras clave: Diabetes Mellitus tipo 2, Hijos, Estilo de vida

Summary

Introduction: Diabetes is a public health problem. Knowing the lifestyle and risk for diabetes in people with a genetic load is essential for prevention. **Objective**: To determine the lifestyle and risk for diabetes in children of parents with DM2 at the UMF9 in Querétaro. **Methodology**: descriptive cross-sectional study. The variables were sex, occupation, schooling, previous chronic degenerative diseases, socioeconomic level, age and family history of the father or mother with DM2, lifestyle with questionnaire (PEPS-I) (Pender) and the FINDRISC risk scale. The sample size was 375. Patients of both sexes with one or both parents diagnosed with DM2, aged between 18 to 45 years, were included; Patients with DM2 were excluded, as well as diseases that prevented them from answering the questionnaire, such as motor difficulties. Incomplete questionnaires were eliminated. Descriptive statistics, frequencies, percentages and confidence intervals were used. **Ethical considerations**: The current ethical regulations were observed by submitting to a local health research committee. **Results:** The predominant risk of diabetes at the elevated risk level in 57.6%. A good lifestyle was obtained in 60.3% (95% CI; 53.3-65.3). **Conclusions:** The risk of having diabetes is high in children of parents with diabetes, according to the FINDRISC scale and despite the fact that the majority of the population had a high score in regard to lifestyle; it is important to consider each of the dimensions that make up the lifestyle instrument.

Keywords: Type 2 Diabetes Mellitus, Children, Lifestyle

Introducción

El estilo de vida es uno de varios factores que influyen en el riesgo de desarrollar enfermedades no

transmisibles y que se ha convertido en objeto de análisis para el tratamiento y prevención de padecimientos crónico degenerativos como la diabetes[1,2], debido a que, conociendo los hábitos y conductas alimentarias, de sueño, higiene, actividad física, manejo de estrés, autorrealización y soporte interpersonal del individuo se pueden realizar acciones preventivas[3].

Además, los hábitos y conductas forman parte de un componente psicosocial que se comparte entre los integrantes de una familia[4], por lo que ciertas conductas de los padres se pueden replicar en los hijos.

Existen estudios[5] en los que se menciona que el estilo de vida en personas con diabetes se ha encontrado como bueno de manera global, aunque evaluado por áreas existen dimensiones, de predominio psicosocial, en las que los resultados no son muy favorecedores, por otra parte, también en la literatura[6] se ha identificado un estilo de vida desfavorable. Lo anterior en población con diabetes, el presente estudio se realizará en hijos de padres con diabetes; población que debe seguir estudiándose.

El estilo de vida ha sido evaluado en diferentes poblaciones y con diferentes escalas, entre ellas el Cuestionario de Perfil de Estilo de vida PEPS-I Pender el cual consta de 6 dimensiones; nutrición, ejercicio, responsabilidad en salud, manejo del estrés, soporte interpersonal y autorrealización, en total son 48 ítems tipo Likert, cada ítem con 4 opciones de respuesta con el siguiente puntaje, para cada opción: nunca (1 punto), a veces (2 puntos), frecuentemente (3 puntos), rutinariamente (4 puntos).[7]

La detección de esta enfermedad mucho antes de su aparición se convierte en una estrategia de prevención por lo que en este contexto el objetivo del artículo es determinar el estilo de vida en hijos de padres con diabetes mellitus tipo 2.

Metodología

Se realizó un estudio transversal descriptivo en población sin diabetes, hijos de padres con diabetes mellitus tipo 2, pertenecientes a una Institución de Seguridad Social en la ciudad de Querétaro, México.

Se incluyeron en el estudio pacientes de 18 a 45 años de edad, con al menos el padre o la madre con diagnóstico confirmado de diabetes mellitus tipo 2 y se eliminaron cuestionarios incompletos.

El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula de porcentajes para población infinita, con nivel de confianza del 95% (1.64), asumiendo que la prevalencia de un estilo de vida no saludable en hijos de padres con diabetes mellitus era 50% (p=0.50) y el margen de error de 5% (d=0.05). El tamaño calculado correspondió a 269 sin embargo se trabajó con 375 (n=375).

La técnica muestral fue no aleatorio por casos consecutivos empleando como marco muestral la población que asistió a la unidad médica a solicitar atención o realizar algún trámite administrativo.

Las variables estudiadas incluyeron aspectos sociodemográficos, entre ellos edad, sexo, vida en pareja, escolaridad y ocupación; las comorbilidades incluyeron la hipertensión arterial sistémica.

El estilo de vida se midió con el Cuestionario de Perfil de Estilo de vida PEPS-I Pender, en el que se solicitó al encuestado que identificará la frecuencia con la que había practicado cada enunciado en los últimos 30 días y que señalará la respuesta que reflejará mejor su forma de vivir en ese momento, consta de 6 dimensiones; nutrición, ejercicio, responsabilidad en salud, manejo del estrés, soporte interpersonal y autorrealización; en total son 48 ítems tipo Likert, cada ítem con 4 opciones de respuesta con el siguiente puntaje, para cada opción: nunca (1 punto), a veces (2 puntos), frecuentemente (3 puntos), rutinariamente (4 puntos). Los cuales con fines de interpretación se recodificaron como muy malo, malo, bueno y muy bueno respectivamente.

El plan de análisis estadístico incluyó promedios, intervalos de confianza para promedios, porcentajes e intervalos de confianza para porcentajes.

Para recolectar la información se acudió a la Unidad Médica, se solicitó la autorización del directivo y se identificó a los pacientes que fueron entrevistados, se pidió el consentimiento informado y el paciente fue entrevistado en el consultorio médico.

El proyecto se registró ante el comité de ética e investigación de la institución.

Resultados

El promedio de edad de la población estudiada es 32.86 años (IC 95%; 32.09-33.57), predominó el sexo femenino con 69.8% (IC 95%; 65.2-74.5), viven en pareja 64.5% (IC 95%; 59.6-69.4), tienen escolaridad preparatoria o menos 80.5% (IC 76.5-84.5), predomina la ocupación empleado con 64.8% (IC 95%; 59.9-69.6) y la prevalencia de hipertensión arterial es 10.1% (IC 95%; 7.1-13.1).

El estilo de vida bueno es el que predomina en la población estudiada, la prevalencia es 60.3% (IC95%; 53.3-65.3). En la tabla 1 se presenta la prevalencia del resto de los estilos de vida.

En la dimensión de nutrición, predominó el estilo de vida bueno 39.7% (IC 95%; 34.7-44.7), con prevalencia muy parecida al estilo de vida malo 37.3% (IC 95% 32.4-42.2); en la tabla II se presenta el resto de la prevalencia de los estilos de vida para la dimensión nutrición.

En la dimensión de ejercicio, el estilo de vida malo 43.7% (IC 95%; 34.7-44.7) y el estilo de vida bueno 28% (IC 95%; 23.5-32.5), son los que predominan. El resto de la prevalencia se presenta en la tabla II.

El estilo de vida bueno fue el predominante en la dimensión responsabilidad en salud 47.5% (IC 95%; 42.4-52.6). En la tabla II se presenta la información.

En la dimensión autorrealización el estilo de vida malo 50.4% (IC 95%; 45.3-55.5); y muy malo 38.9% (IC 95%; 34.0-43.8), fueron los que predominaron. El resto de la información se presenta en la tabla II.

En la dimensión de soporte interpersonal el estilo de vida malo se identificó con 51.5% (IC 95%; 46.4-56.6), y el estilo de vida muy malo con 31.5% (IC 95%; 26.8-36.2). En la tabla II se presenta la información.

En la dimensión de manejo del estrés el mal manejo del estrés está presente en 40.5% (IC 95%; 35.5-45.5) y el buen manejo del estrés está presente en 35.5% (IC 95%; 30.7-40.3). El resto de la información se presenta en la tabla II.

Discusiones

Un estilo de vida no saludable se ha asociado a la presencia de diabetes por lo que determinarlo en esta población en específico ofrece un panorama que permite identificar riesgos con los que se pueden proponer acciones factibles y reales para lograr una oportuna detección.

Con el instrumento de estilo de vida utilizado no solo se abordan aspectos como nutrición y actividad física sino además se integran otros factores que influyen en la salud del individuo como responsabilidad en salud, autorrealización, soporte interpersonal y manejo del estrés. A diferencia de lo realizado en otro estudio[8] en los que se aborda el estilo de vida de los familiares de pacientes con diabetes en solo algunas dimensiones como nutrición, control de hábitos nocivos, actividad física, sueño y descanso.

En la población estudiada prevaleció un adecuado estilo de vida lo cual podría explicarse por el hecho de que al ser hijos de padres con diabetes y tratarse de población joven les confiere más y mejor acceso a la información en torno al tema de salud; no obstante, esto es una hipótesis que no se puede afirmar con la información disponible y será motivo de otra investigación. Lo que coincide con los resultados de la literatura[9] donde reportan un estilo de vida alto en más de la tercera parte de la población de su estudio, quienes eran médicos internos de pregrado cuyas edades comprendían entre los 24 y 30 años, aunque se desconoce su antecedente familiar de diabetes, así como en otro estudio[10] en trabajadores donde se desconocía esta información; pero a diferencia de lo encontrado, el estilo de vida lo reportaban como bajo.

Es importante mencionar las dimensiones psicosociales debido a que forman parte del ser humano visto de manera integral y que deben considerarse en todo abordaje médico. En esta población se encontró que los aspectos de autorrealización y soporte interpersonal los resultados

no son muy alentadores. Esto es relevante ya que la autorrealización vista como la integración de fortalezas y capacidades del individuo utilizadas para su crecimiento personal y el soporte interpersonal analizado no solo como la red de apoyo con la que se cuenta sino también como las medidas o técnicas que se utilizan en la adversidad; son aspectos que forman parte de la salud mental de todo individuo y cuyo deterioro puede ocasionar enfermedades graves, así como afectación sistémica.[11]

Existe literatura[12] en la que relacionan los malestares emocionales (cansancio, tensión, dificultad para dormir) y el estilo de vida, donde se menciona que éstos aumentan conforme el estilo de vida se vuelve menos saludable, lo que concuerda con los resultados de éste estudio; sin embargo, en el estudio mencionado la población padecía diabetes tipo 2.

Otra dimensión a destacar en este estudio es el manejo del estrés pues en la actualidad es un tema de importancia global, no se puede hablar de calidad de vida sin mencionarlo, si bien el estrés puede ser visto de una forma positiva o negativa[13]; dependiendo de precisamente como se aborde.

En este estudio se presenta la ambivalencia entre la población, con respecto al manejo del mismo aun así el inadecuado manejo del estrés predomina levemente; por lo que se cuestionan las razones, entre ellas se sugiere el desconocimiento de situaciones generadoras de estrés, detección de los síntomas que se presentan y qué herramientas son las que tiene el individuo para tratarlos. Al ser la mayoría de la población de este estudio empleado coincide con lo que literatura expresa sobre el aumento del estrés laboral[10], así como las consecuencias del mismo; también se menciona que el manejo del mismo es multidisciplinario y actualmente la tecnología se convierte de gran ayuda.

Por otra parte, es importante señalar que, al realizar el estudio un número considerable de la población entrevistada desconocía cómo la salud mental influye en el desarrollo de ciertas enfermedades y que su adecuado manejo puede brindarles una mejor calidad de vida. Además, se debe mencionar que el estudio se realizó en el contexto de pandemia situación que puede influir en estos factores psicosociales.

En lo que respecta a la actividad física en los resultados se observa que aún hacen falta estrategias que logren el impacto sobre la población acerca de su valor en la prevención de enfermedades[14], ya que se muestra que no se realiza algún tipo de ejercicio de manera constante lo cual puede deberse a diversos factores, entre ellos la falta de tiempo. Dicha información concuerda con el estudio realizado en familiares de pacientes con diabetes en un hospital de tercer nivel, en su mayoría hijos, donde la inactividad física mostraba los más altos valores.

En cuanto a la alimentación se encontró que la mayoría estuvo en la categoría bueno, información que coincide con la encontrada en otro estudio sobre familiares de pacientes con diabetes en el que reportan la dimensión de nutrición como medianamente saludable[8]. Aun así, no se debe menospreciar el porcentaje con una deficiente nutrición lo cual se debe considerar ya que la cantidad y calidad en la alimentación diaria es una cultura que se adquiere desde los primeros años de vida por lo que se siguen ciertos patrones y aún más alarmante dichos patrones se ven replicados en generaciones futuras.[15]

Se debe mencionar que para el presente estudio no se consideró si la carga genética para diabetes correspondía al padre o a la madre, así como la relación que existía con cada uno, estos aspectos se pueden considerar en investigaciones posteriores ya que se conoce que una convivencia más estrecha podría involucrar rutinas más precisas.

Determinar el estilo de vida en esta población en concreto genera información de utilidad para la toma de decisiones en el proceso de asignación de recursos dirigidos a esta población y al control de los factores de riesgo latentes mediante acciones preventivas o curativas.

Conclusiones

Los hijos de padres con diabetes que se estudiaron conformaron una población en su mayoría joven, sana, sin toxicomanías; cuyo estilo de vida fue bueno, no obstante, valorando las dimensiones que se

estudiaron existen áreas de oportunidad en el aspecto psicosocial y en la dimensión de actividad física por lo que podrán ser motivo de aplicación de medidas preventivas.

Tabla I. Prevalencia del estilo de vida en hijos de padres con diabetes

Estilo de Vida	Porcentaje	IC 95%	
		Inferior	Superior
Muy malo	0.5	0.0	1.2
Malo	30.9	26.2	35.6
Bueno	60.3	55.3	65.3
Muy bueno	8.3	5.5	11.1

Tabla II. Prevalencia del estilo de vida en la dimensión de nutrición

	Porcentaje	IC 95%	
		Inferior	Superior
Dimensión Nutrición			
Muy malo	6.1	3.7	8.5
Malo	37.3	32.4	42.2
Bueno	39.7	34.7	44.7
Muy bueno	16.8	13.0	20.6
Dimensión Ejercicio			
Muy malo	21.3	17.2	25.4
Malo	43.7	38.7	48.7
Bueno	28	23.5	32.5
Muy bueno	6.7	4.2	9.2
Dimensión Responsabilidad en Salud			
Muy malo	4.3	2.2	6.4
Malo	33.1	28.3	37.9
Bueno	47.5	42.4	52.6
Muy bueno	15.2	11.6	18.8
Dimensión Autorrealización			
Muy malo	38.9	34.0	43.8
Malo	50.4	45.3	55.5
Bueno	10.4	7.3	13.5
Muy bueno	0.3	0	0.9
Dimensión Soporte Interpersonal			
Muy malo	31.5	26.8	36.2
Malo	51.5	46.4	56.6
Bueno	16	12.3	19.7
Muy bueno	1.1	0	2.2
Dimensión Manejo del estrés			
Muy malo	9.3	6.4	12.2
Malo	40.5	35.5	45.5
Bueno	35.5	30.7	40.3
Muy bueno	14.7	11.1	18.3

			IC 95%	
	Frecuencia	Porcentaje	Inferior	Superior
Nivel de riesgo bajo 1%	55	14.7	11.1	18.3
Nivel de riesgo ligeramente elevado 4%	216	57.6	52.6	62.6
Nivel de riesgo moderado 17%	78	20.8	16.7	24.9
Nivel de riesgo alto 33%	22	5.9	3.5	8.3
Nivel de riesgo muy alto 50%	4	1.1	0	2.2

Referencias Bibliográficas

1. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. Instituto Nacional de Salud Pública; 4:12-15
2. Organización Mundial de la Salud. Informe Mundial de la Diabetes. 2016 [Citado 1 Abril 2016] Disponible en: https://www.who.int/diabetes/global-report/es/
3. Álvarez LS. Los estilos de vida en salud: del individuo al contexto. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2012; 30(1): 95-101
4. Caride E, Silvera I. Conocimiento y aplicación de las modificaciones del estilo de vida en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.Med Gen Fam 2020; 9(2): 58-60 Disponible en: http://dx.doi.org/10.24038/mgyf.2020.013
5. Canché-Aguilar DL, Zapata-Vázquez REs, Rubio-Zapata HA, Cámara-Vallejos RM. Efecto de una intervención educativa sobre el estilo de vida, el control glucémico y el conocimiento de la enfermedad, en personas con diabetes mellitus tipo 2, Bokobá, Yucatán. Rev. biomédica. 2019 Abr [citado 2021 Abr 18] ; 30(1): 3-11. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-84472019000100003&lng=es. Epub 06-Sep-2019. https://doi.org/10.32776/revbiomed.v30i1.654.
6. Asenjo-Alarcón JA. Relationship between lifestyle and metabolic control in patients with Type 2 Diabetes Mellitus from Chota, Peru. Rev Med Hered. 2020 Abr [citado 2021 Abr 18] ; 31(2): 101-107. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2020000200101&lng=es. http://dx.doi.org/10.20453/rmh.v31i2.3771.
7. Tenesaca PG. Impacto del estilo de vida sobre IMC de los trabajadores recolectores de basura, EMAC 2017. (Tesis previa a la obtención de título de enfermeria) Ecuador 2018. [Citado 22 marzo 2021] Disponible: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30162/1/PROYE
8. Cáeceres CV. Conocimiento y estilo de vida en familiares de pacientes con diabetes mellitus en un hospital de III nivel. Cuidado y salud /Kawsayninchis. 2017; 3(1) DOI: https://doi.org/10.31381/cuidado_y_salud.v3i1.1420
9. Mejia ME, Valeriano MR, Espinoza B, Estilo de vida en estudiantes de medicina en internado rotatorio del hospital Mario Catarino Rivas. Rev. Cient. Esc. Univ. Cienc. Salud. 2018; 5(2): 16-24
10. Arce N, Mendoza MA, Álvarez A, Reyes BL, Sánchez M. Estilo de vida, autoeficacia, consumo de alcohol y tabaco en trabajadores. PAG. 2018; 5(9)
11. Arguedas I. Autorrealización en personas adultas jóvenes: fuentes y estrategias para su construcción (724-B7-304). INIE. 2018
12. Rodríguez Y, Cadena F, Alarcón NS, Zúñiga ML, Márquez PM, Juárez De Llano AL. Acciones de cuidado y factores psicosociales en mujeres con diabetes mellitus tipo 2. 29 de abril de 2020 [citado 19 de abril de 2021];28(2):38-2. Disponible en: http://revistaaisthesis.uc.cl/index.php/RHE/article/view/12228
13. Espinoza AA, Pernas IA, González R. Consideraciones teórico metodológicas y prácticas acerca del estrés. Rev Hum Med. 2018 Dic [citado 2021 Abr 14] ; 18(3): 697-717. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202018000300697&lng=es.
14. Gray L, Hernandez M, Michael P, Campbell K, Campbell M. Family lifestyle dynamics and childhood obesity: evidence from the millennium cohort study Gray et al. BMC Public Health 2018; 18:500
15. Kolb and Martin. Environmental/lifestyle factors in the pathogenesis and prevention of type 2 diabetes, BMC Medicine. 2017; 15:131-136

Calidad de la baciloscopía en la detección de casos de Tuberculosis

Autor: Médico General Luis Alberto Avendaño Escoto. Estudiante de la Maestría en Investigación Médica con Línea Terminal en Salud Pública. Universidad Autónoma de Querétaro. dr.avesunam@gmail.com; Asesor: Dr. en C.S. Nicolás Camacho Calderón Jefe de la División de Investigación y Posgrado.

Resumen

Objetivo: Determinar la calidad del procedimiento de la baciloscopía para detectar casos de TB-P. Material y métodos: Diseño: Observacional, transversal, ambilectivo. Lugar: Laboratorio de Micobacteriosis del Centro de Salud "Dr. Pedro Escobedo". Unidad de análisis: Baciloscopías para diagnóstico registradas en bitácora del laboratorio 2020-2021. Muestra probabilística determinada en el programa Epi-Info7, N=318 registros, n=58, IC 95%; probabilidad del 85% en la calidad de las baciloscopías; margen de error 0.03. Análisis estadístico univariado, descriptivo con medidas de tendencia central y dispersión. Resultados: 318 registros de baciloscopías en bitácora, correspondían a Unidades de Salud de Jurisdicción Sanitaria 1; 99.3% cumplieron con la calidad para ser procesadas y 0.62% fueron rechazadas; se obtuvo una media 6.48 ± 7.25, mediana 4, moda 1, rango 32; el mayor número de detecciones se realizó en el grupo de 21-65 años; 56.9% mujeres y 43.1% hombres el 45.9% de las detecciones provenían de municipio Querétaro; 87.1% de las muestras pertenecían a tosedores y 12.9% a contactos el 98.1% de los resultados se entregaron en menos de 24 horas posteriores a su recepción. El espacio físico y los insumos cumplieron con el 83.3% y el 77.7% respectivamente. El procedimiento establecido por la OPS, cumplió con el 91.1% de calidad. Conclusiones: La baciloscopía es la técnica más apropiada, asequible y de largo alcance para la búsqueda de casos de TB-P. Se deberá realizar la revisión de los procedimientos en todos los laboratorios a fin de que la información reportada sea exacta, altamente confiable y reproducible.

(Palabras clave: baciloscopía, calidad del procedimiento, tuberculosis)

Summary

Objective: To determine the quality of the smear microscopy procedure to detect P-TB cases. Material and methods: Design: Observational, transversal, ambilective. Place: Mycobacteriosis Laboratory of the Health Center "Dr. Pedro Escobedo". Analysis unit: smears for diagnosis registered in the laboratory log 2020-2021. Probabilistic sample determined in the Epi-Info7 program, N = 318 records, n = 58, 95% CI; 85% probability of smear quality; margin of error 0.03. Univariate, descriptive statistical analysis with measures of central tendency and dispersion. Results: 318 records of smear microscopies in the log, corresponded to Health Units of Sanitary Jurisdiction 1; 99.3% met the quality to be processed and 0.62% were rejected; a mean 6.48 ± 7.25 was obtained, median 4, mode 1, range 32; the highest number of detections was made in the group aged 21-65 years; 56.9% women and 43.1% men, 45.9% of the detections came from the Querétaro municipality; 87.1% of the samples belonged to coughing agents and 12.9% to contacts. 98.1% of the results were delivered in less than 24 hours after receiving them. The physical space and the supplies complied with 83.3% and 77.7% respectively. The procedure established by PAHO met 91.1% quality. Conclusions: Smear microscopy is the most appropriate, affordable and long-range technique for the search for P-TB cases. Procedures should be reviewed in all laboratories so that the information reported is accurate, highly reliable, and reproducible.

(Key words: smear microscopy, quality of the procedure, tuberculosis)

Introducción

La tuberculosis (TB) es una de las patologías infectocontagiosas de gran relevancia para la Salud Pública causada por el Mycobacterium Tuberculosis (MTB), que afecta a grupos poblacionales vulnerables.[3] La TB es una enfermedad curable mediante la detección oportuna de casos por el estudio bacteriológico, tratamiento específico y seguimiento adecuado, que si se realiza correctamente, es posible interrumpir la cadena de transmisión[9].

Se estima que en el mundo en 2017, 1.3 millones de personas murieron por esta enfermedad, de las cuales 300 000 eran VIH positivas, en este mismo año 1 millón de niños enfermó de TB de los cuales 250,000 murieron por esta causa. En México, murieron 982 personas por Tuberculosis Pulmonar (TB-P) en 2019. La mayoría de las muertes podrían evitarse realizando un diagnóstico de calidad y tratamiento oportuno, sin embargo, continúan existiendo brechas en los anteriores parámetros6, 16.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró a la TB como emergencia de Salud Pública en 2017; estimó que 10 millones de personas en el mundo enfermaron por TB, de las cuales 5.8 millones fueron hombres, 3.2 millones mujeres y un millón de niños. La mayoría de los casos se presentó en personas mayores de 15 años, el binomio TB-VIH puede aparecer en el 30-50% de los casos. La comorbilidad más frecuente, se observa con la Diabetes Mellitus (DM) y la desnutrición proteico calorica[1,2,17,18] .

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una propuesta para disminuir la pobreza, proteger el planeta y garantizar la paz y prosperidad. En su Objetivo 3, referente salud y bienestar, se pretende garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en todas las edades, su principal objetivo es eliminar la epidemia del SIDA, la TB, la malaria, y las enfermedades tropicales desatendidas[6,14].

En 2017, México ocupó el 3er lugar en América Latina en la incidencia de casos de TB-P; la tasa de incidencia nacional de casos de TB-P para el 2010 fue de 13.8/100,000, para 2018 y 2019 se incrementó de 14.0 y 15.9 casos por 100,000 habitantes, respectivamente. Para el 2019, se diagnosticaron más de 23,947 casos de los cuales 19,794 fueron TB-P y el resto fue de localización extrapulmonar[1, 16]. La localización anatómica más frecuente de la TB es la pulmonar 80.7% otras formas 17.7% meníngea 1.6%. El grupo de edad que se afecta con TB en todas sus formas es el de 25-44 años de edad con predominio en hombres. Los estados de mayor incidencia fueron Baja California, Sonora, Sinaloa, Guerrero y Tamaulipas[1, 3].

El panorama de la TB es complejo pese a las acciones en su prevención y control, las características de la enfermedad, la asociación a el VIH y la DM, la migración de la población, el mal apego al tratamiento y los casos con farmacorresistencia, hace necesario, que se fortalezcan las acciones para su control a través de la detección oportuna, el manejo y seguimiento de los casos con calidad en sus procedimientos[9, 10, 11, 12].

La Farmacorresistencia es un aspecto preocupante en la epidemia de la TB, al ser un fenómeno complejo y multifactorial. La Tuberculosis Multidrogorresistente (TB-MDR) es un reto al sector salud que obstaculiza alcanzar las metas de la estrategia *"Fin de la TB"* de la OMS. El retraso en el inicio del tratamiento impacta a nivel individual al favorecer el progreso de la enfermedad; y a nivel comunitario, al prolongar la transmisión de la TB-MDR en la comunidad[5, 7, 8].

La prevención de la transmisión de MTB es el método de control óptimo en ausencia de una vacuna eficaz. Por lo tanto, comprender los factores de riesgo para la transmisión de TB y el desarrollo de infección de TBL o enfermedad de TB propiamente dicha, es fundamental para las intervenciones efectivas del personal de salud. La prevención y el control de la TB se basan en la detección temprana y el diagnóstico oportuno, seguido de un tratamiento efectivo. La calidad del

proceso sistemático para detectar casos de TB, es indispensable para reducir la incidencia y prevalencia de la enfermedad, así como la farmacorresistencia[5, 7, 8].

Donabedian (1966), define la calidad en salud como: el logro de los mayores beneficios posibles de la atención médica con los menores riesgos para el paciente, circunscribiéndola a la perspectiva de la atención médica. Su abordaje se realiza en tres áreas: estructura (características de las instalaciones y el personal de salud); proceso (método de entrega) y resultados (de las intervenciones) sin un enfoque asequible en la medición de la calidad[17,18].

Material y métodos

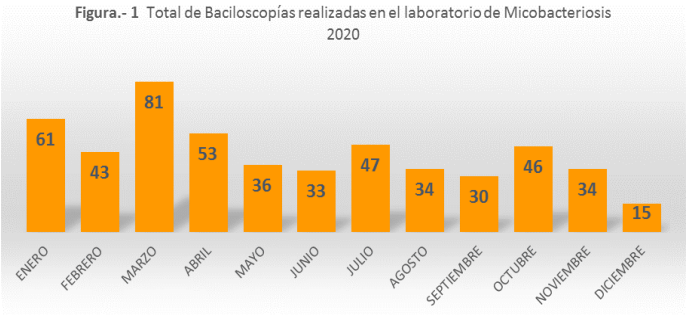
Se realizó una investigación con diseño observacional, transversal y ambilectivo. Las baciloscopías para diagnóstico analizadas en el Laboratorio de Micobacteriosis del Centro de Salud "Dr. Pedro Escobedo" de las 60 Unidades de Salud del Primer Nivel de Atención de Jurisdicción Sanitaria número 1 fueron la unidad de análisis, dichos registros se tomaron de la bitácora del laboratorio del año 2020. Tamaño de la muestra: Mediante el programa EPi-INFO7 se estimó el tamaño de la muestra con una confiabilidad del 95%, la probabilidad del 85% de tener calidad de las baciloscopías, con un margen de error de 0.03 y un universo de 318 registros, n=58 procedimientos. Tipo de Muestreo: para el análisis retrolectivo se utilizó el muestreo probabilístico estratificado por grupos "muestras para diagnóstico, unidad de procedencia de los especímenes y muestra adecuada" posteriormente se seleccionaron los elementos de estudio por Muestreo Aleatorio Simple. Para el ámbito retrolectivo se determinaron los criterios de selección para el objeto de estudio: baciloscopías realizadas en el laboratorio de Micobacteriosis del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo del año 2020, pertenecientes a todas las localidades atendidas por las Unidades de Salud del primer nivel de atención inherentes a Jurisdicción Sanitaria No 1, ambos sexos, todas las edades, objeto de estudio diagnóstico. Para fines de este estudio se implementó un diseño ambilectivo, consistió en recolectar y analizar la información registradas en la bitácora del laboratorio de Micobacteriosis del año 2020 que incluyeron: número de baciloscopías realizadas, calidad de la muestra a estudiar, localidad donde provenía la muestra, tipo de paciente (tosedor o contacto), sexo, tiempo transcurrido entre la recepción de la muestra y entrega de resultado; por otro lado, se aplicó el instrumento "Evaluación de la Calidad en el Procedimiento de la Baciloscopía para detectar Casos de TB-P" integrado por 7 anexos: 1.1 Infraestructura, 1.2 Insumos, 1.3 Calidad del procedimiento de recepción de la muestra, 1.4 Calidad del procedimiento del extendido y fijación de la muestra, 1.5 Calidad del procedimiento de la tinción, 1.6 Calidad del procedimiento en la lectura de extendidos, 1.7 Calidad en el procedimiento para la emisión de resultados.

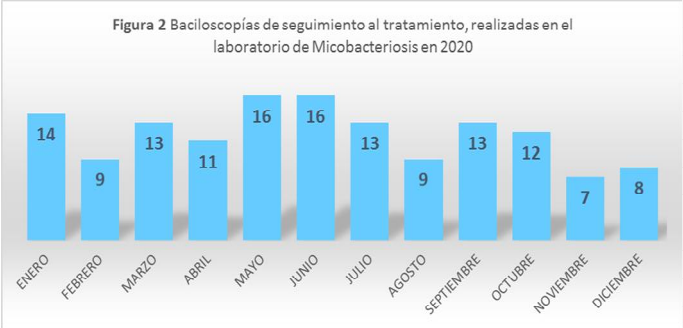
Procedimiento de análisis

Se realizó análisis descriptivo, univariado con medidas de tendencia central y de dispersión, los resultados se expresaron en tablas y gráficas de acuerdo a la variable (nombre, edad, sexo, domicilio), Unidad de Salud, tipo de paciente (enfermo, contacto, tosedor), número de muestra y tiempo de emisión de resultados posterior a su recepción, observación referida en la solicitud si la muestra fue rechazada y motivo de dicha acción; se evaluó la calidad de la infraestructura, insumos de laboratorio y el procedimiento de la baciloscopía al interior del laboratorio mediante instrumento de medición.

Resultados

Para el ámbito retrolectivo, se llevó a cabo el análisis de 513 baciloscopías registradas en la bitácora del laboratorio, de estos, 141 fueron procesadas para control del Tratamiento Acortado Estrictamente Supervisado (TAES) y 372 para diagnóstico.





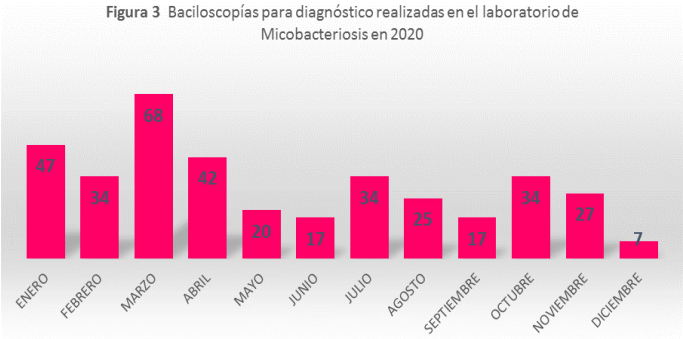


Figura 1 total de baciloscopías registradas en bitácora del laboratorio; Figura 2 Baciloscopías de seguimiento al tratamiento; Figura 3 Baciloscopías para diagnóstico en 2020. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

De 372 procedimientos realizados con objeto de estudio, 318 pertenecían a Centros de Salud de Jurisdicción Sanitaria No.1 Querétaro y 54 a otros establecimientos de salud.

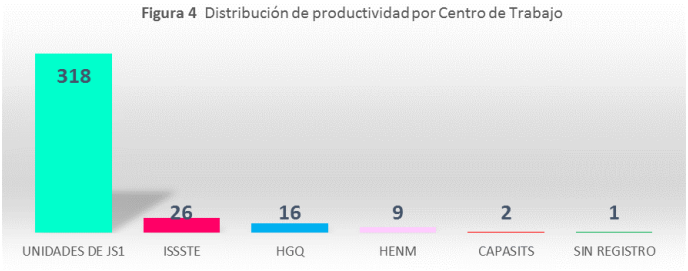


Figura 4 Productividad del Laboratorio de Micobacteriosis distribuida por Centros de Trabajo que enviaron especímenes para su análisis durante el 2020. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

Respecto a calidad de las muestras recibidas en el laboratorio de Micobacteriosis durante el 2020, 99.3% fueron adecuadas y el 0.62 % inadecuadas.

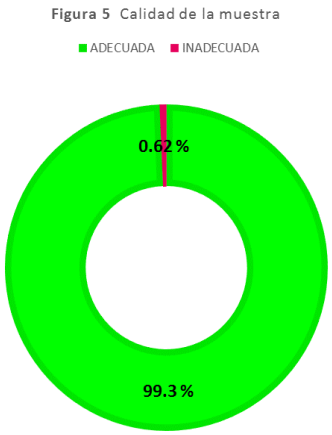


Figura 5 Calidad de la muestra con la que fueron recibidos los especímenes en el Laboratorio de Micobacteriosis para su análisis en 2020. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

Las 49 Unidades de Salud del Primer Nivel de Atención pertenecientes a Jurisdicción Sanitaria No. 1, enviaron al laboratorio, especímenes para ser analizados con objeto de determinar TB-P: Ver tabla 1.

La productividad de las Unidades de Salud, fue de 6.48 ± 7.25 muestras para ser analizadas en promedio; el 24.4% de los Centros de Salud, enviaron una sola muestra para su procesamiento.

Los registros de edad se distribuyeron por quinquenio observando que el grupo de los 21 a 65 años fue el predominante.

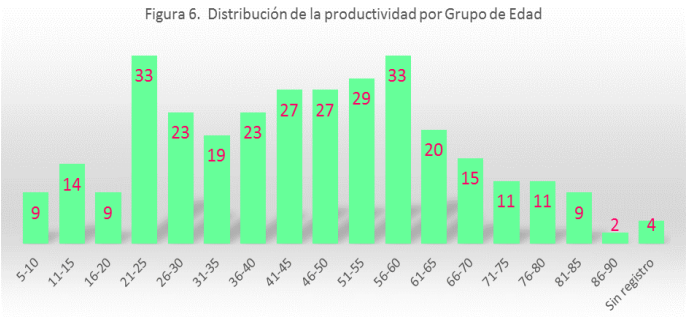


Figura 6 Distribución de baciloscopías por grupo de edad distribuida por quinquenios. *No fueron incluidos los menores de 5 años debido a que este grupo de edad no expectora y para su análisis baciloscópico se requiere otro tipo de especímenes. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

Hubo mayor proporción de muestras analizadas pertenecientes al sexo femenino 56.9% (181) en comparación con hombres 43.1% (137).



Figura 7 Distribución de baciloscopías por Sexo registradas en 2020. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

Las Unidades Médicas del Municipio Querétaro enviaron el mayor número de especímenes para detectar casos de TB-P seguidas de las unidades de los municipios Corregidora, el Marqués y Huimilpan.

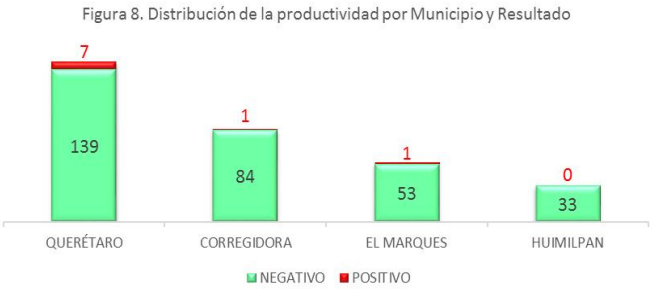


Figura 8 Distribución de productividad por región geográfica (Municipios de Jurisdicción Sanitaria No.1 del Estado de Querétaro) 2020. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

De las muestras enviadas para diagnóstico 87.1% pertenecían a sujetos tosedores y el 12.9% a contactos de personas con diagnóstico de TB-P.

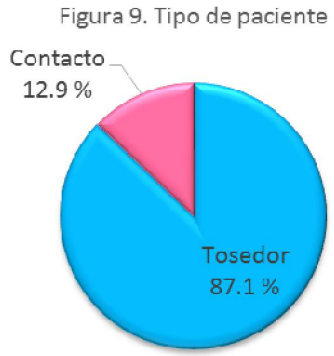


Figura 9 Distribución de productividad por tipo de paciente a quien se investiga el diagnóstico de Tuberculosis Pulmonar Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

El 98.1% de los resultados de las muestras procesadas, se entregaron en menos de 24 horas posteriores a su recepción, solo el 1.9% no cumplió con el procedimiento de la normatividad aplicada.



Figura 10. Entrega Oportuna de Resultados (menos de 24 hrs posteriores a la recepción de la muestra en laboratorio) a Unidades de Salud que solicitaron el estudio microscópico de los especímenes. Fuente: Bitácora de Laboratorio de Micobacteriosis 2020 del Centro de Salud Dr. Pedro Escobedo de Municipio Querétaro

Para analizar la calidad del procedimiento, se utilizó el instrumento de medición nombrado "Evaluación de la calidad en el procedimiento de la baciloscopía para detectar casos de TB-P" fundamentado en la normatividad del Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis de la OPS 2008 y Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Micobacteriosis.

El espacio físico del laboratorio y los insumos indispensables para el procesamiento de la baciloscopía al interior del laboratorio cumplieron con el 83.3 y 77.7% respectivamente, (establecido en el Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de las Micobacteriosis de la OPS).

Para el procedimiento de la baciloscopía, se cumplió con el 91.1 % de la calidad.

Tabla 2
Porcentaje de cumplimiento en la calidad de los procedimientos inherentes al estudio microscópico de los especímenes "Baciloscopía".

Procedimiento	Resultado (%)
1.3 Recepción y manejo de la muestra	96.4
1.4 Fijación de la muestra	90.6
1.5 Tinción de la muestra	87.2
1.6 Lectura	90.7
1.7 Emisión de resultados	90.7
Porcentaje de Cumplimiento	91.1

Tabla 2 Promedio de cumplimiento de la calidad en las acciones inherentes al procedimiento de la baciloscopía en el Laboratorio de Micobacteriosis del C.S Dr. Pedro Escobedo en 2020.

Discusión

La TB constituye una de las enfermedades infectocontagiosas más importantes en el mundo, causada por MTB, que afecta a grupos vulnerables

principalmente, incrementando la morbilidad y mortalidad, sin embargo es curable en gran proporción si se trata a tiempo. A pesar de los grandes esfuerzos que se han realizado para su control, continúa diagnosticándose un número importante de casos mediante el proceso sistemático de detección. El personal sanitario tiene el objetivo principal, iniciar el estudio clínico y solicitar la muestra para el análisis microscópico de los casos probables con la intención de realizar el diagnóstico de TB-P oportunamente.

Durante el año 2020 se suscitó un evento atípico, los efectos de la pandemia por el SARS-COV2 que dieron lugar a la disminución de la productividad en la búsqueda de casos de TB-P mediante baciloscopía, tal y como lo menciona Comella del Barrio (2021) "la pandemia ha llevado a suspender los Sistemas de Salud de rutina en casi todos los países, experimentando interrupción de servicios para las tres principales prioridades en salud VIH/sida, TB y Malaria"[4]; ante esto, México no ha sido la excepción, las medidas de contención llevadas a cabo por instituciones de salud como respuesta a la eventualidad, fueron la reasignación de personal y equipo de atención médica, dichas acciones, están afectando los programas de atención y prevención de la TB. Sin embargo, a pesar de lo anterior, se logró el objetivo de la presente investigación, la determinación de los procesos de calidad, estructura, procesos y resultados según "Avedis Donabedian".

El porcentaje obtenido en relación a la calidad del procedimiento en la baciloscopía fue del 91.1%, superior al porcentaje mínimo determinado por expertos para este trabajo, por otro lado, se obtuvo un mejor resultado en contraste con los resultados de Mossisa (2016) en centros de microscopía privados del 75.5% [12].

En base al Manual para Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis de la OPS, algunos aspectos no se cumplen, por ejemplo: en infraestructura, el sitio se encuentra próximo a la entrada principal, exponiendo el interior a corrientes de aire y movimiento de personas, debido a que las dimensiones (4.5 x 3 mts) son limitadas para el área operativa como administrativa; no se cuenta con campana de extracción para vapores y aerosoles, se dispone de extractor de aire con características domésticas que no reemplaza la función del equipo, incrementando el potencial riesgo biológico para el personal que labora en las instalaciones; insumos: carecen de batas guardapolvo exclusivas para cada trabajador que realice baciloscopías, varillas de vidrio o soporte de material inoxidable para sostener 12 laminillas portaobjetos durante la tinción, pinza para manipulación de frotis, por último, la caducidad de colorantes y reactivos químicos se encuentra vencida en su mayoría.

En relación al procedimiento, existen oportunidades de mejora en la recepción y manejo de la muestra, como son, desinfección de la caja transportadora de muestras posterior a su recepción en el laboratorio, procedimiento indispensable para evitar que el recipiente sea fómite.

En el procedimiento de extendido y fijación de la muestra, el laboratorista utilizó bata guarda polvo debido a que no cuenta con dicho equipo de protección; ocasionalmente los recipientes que contienen la muestra, no concluyen el tiempo mínimo de reposo (20 minutos) para iniciar las actividades de fijación y el extendido en porta objetos y este último, no es tomado con pinza manipuladora fijación sobre la flama.

La calidad de la tinción con técnica de Ziehl Neelsen arrojó resultados por debajo de lo esperado 87.2%, similares a los obtenidos por Sardiñas M. (2016) "87.6% de cumplimiento en la calidad de la tinción"[15]. Al realizar la tinción, es sumamente importante utilizar la técnica adecuada y contar con material indispensable, pues ésta puede influir en gran medida en la calidad de la lectura y ser causa de resultados falsos positivos o negativos. Durante la revisión del procedimiento, no se contó con varillas de material inoxidable y ocasionalmente se utilizó diferente instrumental a lo recomendado para manipular portaobjetos.

Respecto a la lectura de extendidos, se encontraron fallas técnicas, en 52% de los procedimientos evaluados no fue girado el revólver del microscopio para retiro de la laminilla colocada en la platina y en 97% de las observaciones no fue limpiada la lente de inmersión, oportunidades de mejora que podrán atenderse en actividades de supervisión.

El 50% de los resultados enviados no fue entregado en el tiempo establecido en la normatividad nacional e internacional (24 horas posteriores a la recepción de la muestra) sin embargo, no supero las 48 horas; actualmente se dispone de una plataforma nacional del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Tuberculosis de la Dirección General de Epidemiología, en la que puede registrarse el resultado en tiempo real a todas las Unidades de Salud de los diferentes niveles de responsabilidad.

Las deficiencias obtenidas en el presente estudio están relacionadas por carencia de equipo y material de laboratorio principalmente. Para mejorar la calidad del diagnóstico de la TB-P es importante que el personal se encuentre entrenado previamente y utilice los insumos necesarios al realizar el examen directo.

Conclusiones

La calidad del procedimiento de la baciloscopía emanado del Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis de la OPS es una cualidad imprescindible para asegurar que la información de los reportes sean exactos, altamente confiables y reproducibles.

El examen microscópico (baciloscopía) sigue siendo la técnica más apropiada, asequible y de largo alcance para la búsqueda de casos de TB-P activa. El Programa de Control de TB en la entidad, deberá extender la revisión de los procedimientos al resto de laboratorios periféricos de Micobacteriosis y al Laboratorio Estatal de Salud Pública, para mejorar las habilidades y eficiencia de los procesos de supervisión.

Las actividades realizadas en la presente investigación, ayudaron a recabar valiosos elementos de gestión, que tendrán como objeto, mejorar las condiciones físicas del laboratorio, dotar de equipo y material de bioseguridad al personal encargado de procesar los especímenes, con la finalidad de disminuir riesgos biológicos, por otro lado, se llevarán a cabo acciones para incrementar la calidad de los procedimientos que per se, cuentan con dicha cualidad en proporción aceptable.

El estudio dará pauta a realizar otro tipo de investigaciones con objeto de mejorar los procesos administrativos u operativos inherentes a la detección de casos de TB.

Referencias bibliográficas

1.- Alcocer V.J y López G.H y Laurell A.C y Flores J.P y Alomia Z.J.M (2019) Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Micobacteriosis. Secretaría de Salud. Recuperado de https://epidemiologia.salud.gob.mx/gobmx/salud/documentos/manuales/18_Manual_Micobacteriosis.pdf

2.- Ayelign, B. y Negash, M. y Genetu, M. y Wondmagegn, T. y Shibabaw, T. (2019). Impactos inmunológicos de la diabetes sobre la susceptibilidad a Mycobacterium tuberculosis. Revista de investigación en inmunología, 2019, 6196532. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6754884/

3.- Cardona P. J. (2018). Pathogenesis of tuberculosis and other mycobacteriosis. doi.org/10.1016/j.eimc.2017.10.015

4.- Comella, De Souza, Prat, Domínguez (2021) Impacto de COVID-19 en el control de la tuberculosis. doi.org/10.1016/j.arbres.2020.11.016

5.- Félix, Jiménez, Laniado (2019) Retraso en el inicio del tratamiento en pacientes con tuberculosis resistente a fármacos. doi:10.35366/NT194E

6. - GBD (2017) Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories. A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. Recuperado de https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)32279-7/fulltext

7.- Gómez T.V.J. (2018) Resistencia a Medicamentos en Mycobacterium tuberculosis: contribución de mecanismos constitutivos y adquiridos. Revista de Salud Pública [online]. V. 20, n. 4 pp. 491-497 Recuperado de https://scielosp.org/article/rsap/2018.v20n4/491-497/es/

8.- González S. y Castillo B.J (2018). Tratamiento de la tuberculosis farmacorresistente: nueva posición de la OMS y su impacto en pediatría. Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica, Departamento de Infectología, Instituto Nacional de Pediatría, Ciudad de México, México. Recuperado de https://www.medigraphic.com/pdfs/infectologia/lip-2018/lip184f.pdf

9. – Gutti, Arya, Singh, (2019). Latent Tuberculosis Infection (LTBI) and Its Potential Targets: An Investigation into Dormant Phase Pathogens. doi.org/10.2174/1389557519666190625165512

10.- Heuvelings C.C. y Greve P.F. y De Vries S.G. (2017). Efectividad de los modelos de servicio y las estructuras organizativas que respaldan la identificación y el manejo de la tuberculosis en poblaciones de difícil acceso en países de baja y media incidencia de tuberculosis. BMJ Journals. doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019642

11.- Marín M. M. y Rodríguez J. y Arístides R. y Minier Pouyou L. (2019). Factores determinantes relacionados con la incidencia de la tuberculosis en un municipio de Santiago de Cuba. MEDISAN, 23(5), 847-859. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192019000500847

12.- Mosissa, Kebede, Mindaye, Getahun, Tulu, Desta (2016). Evaluación externa de la calidad de los resultados de la baciloscopía de BAAR y sus factores asociados en establecimientos de salud privados seleccionados en Addis Abeba, Etiopía. doi.org/10.11604/pamj.2016.24.125.7459

13.- Organización Mundial de la Salud. Global Tuberculosis Report (2020). Recuperado de https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/data

14.- Paz A. N. y Mejía R.I. y García V.L. y Alcalá M.E. (2018). Determinantes económicos en la incidencia de tuberculosis en México. Revista de sanidad militar, 72(5-6), 295-299. Epub 23 de agosto de 2019. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-696X2018000400295&lng=es&tlng=es.

15.- Sardiñas M. y Grechen G. y Rosarys M. y Díaz R. y Mederos L.M. (2016). Importancia del control de calidad de la baciloscopía en los laboratorios que realizan diagnóstico de tuberculosis. Revista chilena de Infectología, 33 (3), 282-286. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182016000300005&lng=en&nrm=iso&tlng=en

16.- Secretaría de Salud (2019) Distribución de casos nuevos de enfermedad por grupos de edad. Población General. México: SSA, 2020. Recuperado de: https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2019/morbilidad/nacional/distribucion_casos_nuevos_enfermedad_grupo_edad.pdf

17.- Sequeira LM.D, y Malbran G. (2008). Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis. Organizacion Panamericana de la Salud (2008). Recuperado de https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=rdmore&cid=5633&Itemid=40776&lang=es

18.- Solórzano S.F. (2018). El subregistro de tuberculosis, un riesgo para la falta de control de la enfermedad. Enf Infec Microbiol. 2018;38(2):37. Recuperado de https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=86320

Tabla 1 Numero de baciloscopías enviadas por unidades de salud para análisis microscópico	
Unidad de Salud	Numero de baciloscopías realizadas
Sin datos	1
C.S Alfajayucan	1
C.S Amazcala	1
C.S Chichimequillas	1
C.S La Gotera	1
C.S Jofrito	1
C.S Miranda	1
C.S Navajas	1
C.S La Noria	1
C.S Presa de Bravo	1
C.S San Jose Buenavista	1
C.S Tlacote	1
C.S La Cañada	2
Caravana Palo Alto	2
C.S El Milagro	2
C.S La Negreta	2
C.S San Pedro	2
C.S Santa María Magdalena	2
C.S Carrillo	3
C.S Loma Bonita	3
C.S San Miguelito	3
C.S San Pedrito	3
C.S Jurica	4
C.S Ceja de Bravo	4
C.S El Colorado	4
C.S San Miguel Lázaro Cárdenas	4
C.S San Pablo	4
C.S San Pedro Mártir	4
C.S Atongo	5
C.S San Jose de los Olvera	5
C.S Huimilpan	6
C.S Palo Alto	6
C.S San Antonio	6
C.S Santa Bárbara	6
C.S Santa Rosa Jáuregui	6
C.S Los Cues	7
C.S Menchaca	8
C.S Satélite	8
C.S Menchaca Norte	9
C.S Apapataro	10
C.S La Piedad	10
C.S Los Ángeles	12
C.S Joaquín Herrera	17
C.S Jesús María	18
C.S Lázaro Cárdenas	18
C.S Emiliano Zapata	19
C.S Los Olvera	24
C.S Lomas de Casa Blanca	25
C.S Pedro Escobedo	33

Tabla 1 Tabla de frecuencia, Numero de muestras de esputo enviadas por Unidades de Salud del Primer Nivel de Atención al Laboratorio de Micobacteriosis para su análisis

Asociación de variantes genéticas de MC4R, PCSK1 y POMC a obesidad

Ricardo Omar Cadena López[1], Valeria Jaqueline Soto Ontiveros[1], Beatriz Adriana Aguilar Galarza[2], Miriam Aracely Anaya Loyola[2], Teresa García Gasca[2], Willebaldo García Muñoz[3], Víctor Manuel Rodríguez García[4] y Ulisses Moreno Celis[2]*.

[1] Ingeniería en Biotecnología, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro 76010. (R.O.C.L.) rcadena10@alumnos.uaq.mx; (V.J.S.O.) vsoto20@alumnos.uaq.mx .
[2.] Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónma de Querétaro. Querétaro 76230. (B.A.A.G.) adrianaag.ga@gmail.com; (M.A.A.L.) aracely.anaya@uaq.mx; (T.G.G.) tggasca@uaq.mx; (U.M.C.) ulisses.moreno@uaq.mx.
[3.] Código 46 SA de CV, Cuernavaca, Morelos 62498. (W.G.M.) wgarcia@codigo46.com.mx.
[4.] Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, San Pablo, Querétaro 76130. (V.M.G.R.) vmrodrigg@tec.mx.
* Asesor del trabajo.

Resumen

La presencia de polimorfismos de nucleótido único (SNP), en genes pertenecientes a rutas metabólicas reguladoras del apetito, como la vía de la proopiomelanocortina, pueden ser factores de riesgo para el desarrollo de obesidad y otras enfermedades crónico no transmisibles y otras enfermedades metabólicas. El objetivo del presente trabajo fue determinar frecuencias génicas de una población joven mexicana, de genes pertenecientes a la vía de la melanocortina, así como precisar el papel de los SNPs frente a distintos marcadores clínicos de obesidad. De una muestra de 650 participantes del programa SUSALUD-UAQ y previamente genotipificados, se obtuvieron antecedentes heredofamiliares, datos antropométricos y bioquímicos; y se realizaron análisis de t de Student para determinar las características generales de la población; se determinaron frecuencias alélicas y genéticas por medio del complemento de Microsoft Excel GenALEX ; así como pruebas de Chi^2 para determinar la asociación entre marcadores clínicos y variantes de los genes MC4R (rs2229616 y rs34114122); POMC (rs934778, rs7591899 y rs28932472) y PCSK1 (rs13169290, rs6889272, rs17392686, rs6232, rs1498928 y rs156026) de los cuales se observaron asociados a variaciones en el índice de masa corporal, % de grasa corporal, glucosa, colesterol de baja densidad (LDL) y antecedentes heredofamiliares de hipertensión arterial y enfermedad cardiovascular. Existe asociación entre SNPs de los genes MC4R, PCSK1y POMC con marcadores clínicos de obesidad.

Palabras clave: Obesidad, vía de la melanocortina, MC4R, PCSK1, POMC.

Summary

The presence of single nucleotide polymorphisms (SNPs) in genes belonging to appetite regulatory metabolic pathways, such as the proopiomelanocortin pathway, can be risk factors for the development of obesity and other chronic non-communicable diseases and other metabolic diseases. The objective of this work was to determine gene frequencies of a young Mexican population of genes belonging to the melanocortin pathway, as well as to specify the role of SNPs against different clinical markers of obesity. From a sample of 650 participants of the SUSALUD-UAQ program and previously genotyped, hereditarily antecedents, anthropometric and biochemical data were obtained; and Student`s t analyzes were carried out to determine the general characteristics of the population; allele and genetic frequencies were determined using the Microsoft Excel GenALEX add-in; as well as Chi2 tests to determine the association between clinical markers and variants of the MC4R genes (rs2229616 and rs34114122); POMC (rs934778, rs7591899 and rs28932472) and PCSK1 (rs13169290, rs6889272, rs17392686, rs6232, rs1498928 and rs156026) of which were observed associated with variations in the body mass index (% of low body fat, glucose, cholesterol LDL) and a family history of high blood pressure and cardiovascular disease. There is an association between SNPs of the MC4R, PCSK1 and POMC genes with clinical markers of obesity.

Key words: Obesity, melanocortin pathway, MC4R, PCSK1, POMC.

Introducción

La obesidad es un trastorno en el que se presenta una acumulación excesiva o una distribución anormal de grasa, es considerada uno de los problemas de salud más frecuente a nivel mundial (Mayoral et al., 2020). En la actualidad hay diferentes metodologías que nos permiten saber si una persona es obesa o no, una de ellas es el Índice de Masa Corporal (IMC), en el cual, un individuo podría ser catalogado como obeso al presentar un valor mayor o igual a 30 kg/m^2 (Nordang et al., 2017). A pesar de que el IMC es un gran modelo de referencia, éste no nos permite realizar una discriminación basada en el porcentaje de grasa, es por ello que, existen individuos cuyos valores de IMC son considerados normales (IMC= 18.5-24.9 kg/m^2) pero presentan una acumulación de grasa en el área abdominal, la cual, es provocada por un consumo excesivo de calorías y una baja actividad física, a este tipo de obesidad se le conoce como obesidad central. (Bendall et al., 2018). La obesidad y el sobrepeso son la causa de muerte de más de 2.8 millones de personas al año, tan sólo en México, la obesidad es tomada en cuenta como la principal preocupación de salud pública. Para 2018, el 36.1 % de los adultos mexicanos tenían obesidad (basado en el IMC), mientras que el 81.6 % de todos los adultos presentaban obesidad central (Barquera & Rivera, 2020; Mohammed, Sendra, Lloret, & Bosch, 2018). La obesidad se puede considerar una enfermedad metabólica y sus preocupaciones no sólo se enfocan en el exceso de grasa en el cuerpo, sino a los distintos desórdenes que se pueden desencadenar a través de ello, dentro de los cuales se presenta el hígado graso, la diabetes mellitus tipo 2, problemas ortopédicos, asma, apnea del sueño, enfermedades cardiovasculares, entre otros (Aceves-Martins, Llauradó, Tarro, Solà, & Giralt, 2016). Durante los últimos años se han buscado diferentes causas que puedan conllevar a que un paciente sea obeso. Se han observado mutaciones en genes relacionados al metabolismo y al apetito en humanos, por ello, la identificación de polimorfismos de nucleótido único (SNP) en este tipo de rutas, especialmente la de la leptina y la de la melanocortina, han sido de principal interés para los investigadores (Singh, Kumar, & Mahalingam, 2017).

La ruta de la melanocortina está regulada bajo la producción en los adipocitos de leptina (LEP) y su receptor (LEPR) ubicado en las neuronas del núcleo arcuato del hipotálamo. LEP induce la expresión de la proopiomelanocortina (POMC), este péptido es precursor de las hormonas alfa y beta estimuladores de melanocito (α/β-MSH), las cuales se forman por la degradación de POMC mediante la prohormona convertasa 1 (PCSK1) y otras enzimas específicas, α/β-MSH son reconocidas por el receptor 4 de melanocortina (MC4R) de las neuronas del núcleo paraventricular del hipotálamo, esta señal permite que el cuerpo tenga una sensación de saciedad y un incremento en el uso de energía (Ayers et al., 2018; Fairbrother, Kidd, Malagamuwa, & Walley, 2018; Nordang et al., 2017). Las principales mutaciones que han presentado una correlación con pacientes con obesidad se encuentran en los genes LEP, LEPR, POMC, PCSK1, y MC4R (Singh et al., 2017).

Debido a la premisa anterior, en este trabajo se evaluaron las asociaciones de variantes genéticas de MC4R, POMC y PCSK1 en mexicanos jóvenes con marcadores clínicos relacionados con obesidad.

Metodología

Se utilizó una base de datos con variables clínicas y genéticas de 650 individuos (hombres y mujeres). A partir de la base de datos se obtuvieron las frecuencias alélicas de cada variante genética (2 variantes para el gen MC4R, 6 para PCSKI y 3 para POMC) y se relacionaron con distintos marcadores clínicos utilizando el paquete multiplataforma para Excel, GenAlEx (Genetic Analysis in Excel) versión 6.5.

Los marcadores clínicos que se tomaron en cuenta fueron los antecedentes heredofamiliares de la diabetes mellitus tipo 2, de enfermedades cardiovasculares, de hipertensión arterial, de sobrepeso u obesidad, así como su circunferencia de cintura, índice cintura cadera, índice cintura estatura, porcentaje de grasa corporal, IMC, niveles de glucosa, de colesterol, de triglicéridos, de HDL y de LDL.

Para la determinación de las frecuencias alélicas y genéticas se se cuantificó y analizó la cantidad de homocigotos y heterocigotos presentes para la muestra. Finalmente se utilizó el software estadístico Statistical Package for the Social Sciences IBM

(SPSS) versión 26, para el análisis estadístico de asociación por medio de tablas dinámicas, donde se obtuvo la razón de momios e intervalo de confianza (95%).

Resultados y discusiones

De la población evaluada se observaron diferencias estadísticas significativas en variables como la talla, el peso, circunferencia de cintura (CC), el índice cintura-cadera (ICC), el ínidice de masa corporal (IMC), % de grasa corporal, glucosa, triglicéridos, colesterol total y colesterol de baja densidad (LDL) tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de la población (continúa).

	Sexo	N	Promedio	D.E.	valor de *p*
Edad (años)	Mujer	331	19.10	1.81	0.31
	Hombre	307	19.58	3.48	
Talla (cm)	Mujer	326	159.61	6.31	0.00
	Hombre	306	171.54	7.05	
Peso (kg)	Mujer	324	1.77	0.08	0.00
	Hombre	302	1.84	0.07	
CC (m)	Mujer	327	1.89	0.06	0.00
	Hombre	307	1.92	0.06	
ICC	Mujer	327	-0.10	0.04	0.00
	Hombre	307	-0.06	0.03	
ICE	Mujer	324	-0.73	0.14	0.59
	Hombre	306	-0.72	0.13	
IMC (Kg/m2)	Mujer	321	1.36	0.07	0.02
	Hombre	303	1.37	0.07	
Grasa Corporal (%)	Mujer	315	31.32	7.26	0.00
	Hombre	297	21.20	8.02	
Glucosa (mg/dL)	Mujer	306	81.88	8.43	0.00
	Hombre	283	84.83	8.57	
Triglicéridos (mg/dL)	Mujer	302	1.93	0.20	0.00
	Hombre	279	1.98	0.23	
Colesterol (mg/dL)	Mujer	306	157.14	27.3	0.90
	Hombre	281	156.85	30.6	
HDL (mg/dL)	Mujer	303	1.71	0.11	0.00
	Hombre	283	1.67	0.10	
LDL (mg/dL)	Mujer	304	1.91	0.12	0.42
	Hombre	280	1.92	0.12	

CC= Circunferencia de cintura; ICC= Índice cintura-cadera; ICE= Índice cintura-estatura; IMC= Índice de masa corpora; HDL= Colesterol de alta densidad; LDL= Colesterol de baja densidad. p≤ 0.05 por análisis de *t* de student.

Esta diferencia en las variables se ha adjudicado a las diferencias biológicas entre hombres y mujeres, así como hábitos y estilos de vida difentes entre los sexos (Maycotte-Cervantes et al., 2020).

En el presente trabajo se analizarón las frecuencias genéticas de acuerdo al modelo domimante, el cual consiste en utilizar el genotipo homocigoto de referencia como normal (Dominante) y el heterocigoto y homocigoto del SNP como recesivo; en la tabla 2 se pueden observar las frecuencias genéticas de las variantes estudiadas.

Tabla 2. Frecuencias genéticas (continúa).

GEN	SNP	GENOTIPO		Frecuencia (%)
MC4R	rs2229616	Dominante	CC	98.6
		Recesivo	CT/TT	1.4
	rs34114122	Dominante	TT	96.4
		Recesivo	GG/TG	3.6
PCSK1	rs13169290	Dominante	GG	77
		Recesivo	AA/GA	23
	rs6232	Dominante	TT	97.1
		Recesivo	CT/TT	2.9
	rs271923	Dominante	CC	47.4
		Recesivo	TT/CT	52.6
	rs156026	Dominante	AA	29.4
		Recesivo	GG/AG	70.6
	rs1498928	Dominante	GG	69.4
		Recesivo	AA/GA	30.6
	rs17392686	Dominante	AA	98.8
		Recesivo	GG/AA	1.2

Tabla 2. Frecuencias genéticas (continúa).				
GEN	**SNP**	**GENOTIPO**		**Frecuencia (%)**
	rs6889272	Dominante	TT	92.6
		Recesivo	CC/TC	7.4
POMC	rs28932472	Dominante	GG	43.5
		Recesivo	CC/GC	56.5
	rs7591899	Dominante	GG	96.9
		Recesivo	AA/GA	3.1
	rs934778	Dominante	AA	57.4
		Recesivo	GG/AG	42.6

En la Tabla 3 se muestran los resultados que se obtuvieron a partir del análisis estadístico de los SNPs del gen MC4R. En un estudio en población de Arabia Saudita se observó que el polimorfismo rs2229616 se asoció 16.19 veces con el riesgo de diabetes mellitus tipos 2 (DM2) (Bakhashab et al., 2020); del mismo modo en el presente trabajo muestra que la presencia del polimorfismo es un factor de riesgo en la población estudiada (OR= 6.322, p=0.05). Por otro lado, el polimorfismo rs34114122, del mismo gen, no mostró resultados estadísticamente significativos en el presente estudio, sin embargo en otros estudios se ha asociado con efectos en la producción de la hormona ghrelina, encargada de procesos de regulación de la saciedad (Cole et al., 2010).

Por su parte, los péptidos derivados de POMC son de principal importancia en la vía de la melanocortina, la deficiencia de ellos afecta en la sensibilidad de insulina, específicamente el SNP rs934778 se ha asociado a DM2 (Zeng et al., 2019). En la Tabla 4 podemos ver que dicho polimorfismo se presentó como un factor de protección respecto al IMC y al porcentaje de grasa (OR=0.694 y 0.629 respectivamente. Por otro lado, el SNP rs7591899 no se catalogó como un factor de riesgo o protección, ya que no se presentaron resultados significativos estadísticamente, así mismo, a nuestro entender, no existen publicaciones que hayan encontrado una relación entre dicho polimorfismo y el desarrollo de obesidad.

Tabla 3. Análisis estadístico sobre la relación entre los factores morfológicos SNP del gen MC4R en la población general

SNP	**Marcador clínico**	**OR**	**I.C.**	**p**
rs2229616	AHF-DM2	1.589	0.306-8.252	0.579
	AHF-ECV	0.455	0.054-3.81	0.457
	AHF-HTA	1.79	0.345-9.295	0.483
	AHF-Sobrepeso	0.648	0.144-2.917	0.325
	Circunferencia de Cintura	0.365	0.044-3.056	0.333
	ICC	0.986	0.976-0.996	0.906
	ICE	0.219	0.026-1.826	0.123
	%Grasa Corporal	0.171	0.020-1.425	0.064
	IMC	0.331	0.040-2.767	0.283
	Glucosa	6.322	0.716-55.828	0.058
	Colesterol	0.987	0.978-0.997	0.439
	Triglicéridos	0.651	0.078-5.461	0.69
	HDL	1.336	0.296-6.025	0.706
	LDL	0.988	0.979-0.997	0.568
rs34114122	AHF-DM2	1.18	0.464-3.001	0.727
	AHF-ECV	1.186	0.438-3.137	0.731
	AHF-HTA	1.07	0.431-2.654	0.885
	AHF-Sobrepeso	0.864	0.354-2.105	0.747
	Circunferencia de Cintura	0.731	0.262-2.039	0.547
	ICC	0.968	0.953-0.984	0.857
	ICE	1.09	0.445-2.668	0.851
	%Grasa Corporal	1.161	0.465-2.898	0.749
	IMC	0.344	0.100-1.189	0.078
	Glucosa	0.972	0.959-0.986	0.499
	Colesterol	0.785	0.101-6.081	0.816
	Triglicéridos	0.903	0.253-3.222	0.875
	HDL	1.067	0.382-2.977	0.902
	LDL	1.467	0.186-11.548	0.714

AHF-DM2= Antecedente heredofamiliar de diabetes mellitus tipo 2; AHF-ECV= Antecedente heredofamiliar de enfermedades cardiovasculares; AHF-HTA= Antecedente heredofamiliar de hipertención arterial; CC= Circunferencia de cintura; ICC= Índice cintura-cadera; ICE= Índice cintura-estatura; IMC= Índice de masa corpora; HDL= Colesterol de alta densidad; LDL= Colesterol de baja densidad. Se determinó el valor de *p* por análisis de Chi^2 ($p \leq 0.05$) y se calcularon las razones de momio (OR) y 95% del intervalo de confianza (I.C.).

Respecto al SNP rs28932472 del gen POMC no se observó alguna correlación entre la presencia del polimorfismo y el factor de riesgo o de protección (Tabla 4), a pesar de ello, algunos trabajos publicados con anterioridad han reportado una influencia de este polimorfismo con mayores niveles de LDL y mayor riesgo de obesidad en niños, específicamente de una población brasileña conformada por niños y adolescentes (Queiroz et al., 2015).

Tabla 4. Análisis estadístico sobre la relación entre los factores morfológicos SNP del gen POMC en la población general (continúa)

SNP	Marcador clínico	OR	I.C.	p
rs934778	AHF-DM2	0.853	0.618-1.178	0.335
	AHF-ECV	0.828	0.578-1.186	0.303
	AHF-HTA	0.959	0.697-1.320	0.798
	AHF-Sobrepeso	1.099	0.801-1.507	0.559
	Circunferencia de Cintura	0.817	0.50-1.150	0.246
	ICC	0.427	0.386-0.472	0.247
	ICE	0.837	0.608-1.152	0.275
	%Grasa Corporal	0.629	0.455-0.869	0.005
	IMC	0.694	0.493-0.977	0.036
	Glucosa	1.059	0.389-2.884	0.91
	Colesterol	0.782	0.420-1.458	0.439
	Triglicéridos	0.742	0.491-1.122	0.156
	HDL	0.838	0.595-1.180	0.311
	LDL	0.71	0.311-1.619	0.413
rs7591899	AHF-DM2	0.91	0.383-2.163	0.832
	AHF-ECV	1.296	0.519-3.236	0.577
	AHF-HTA	0.849	0.361-1.995	0.707
	AHF-Sobrepeso	1.043	0.444-2.449	0.924
	Circunferencia de Cintura	1.275	0.526-3.091	0.59
	ICC	0.966	0.951-0.982	0.852
	ICE	1.342	0.573-3.144	0.496
	%Grasa Corporal	0.846	0.346-2.072	0.715
	IMC	0.617	0.223-1.709	0.349
	Glucosa	1.951	0.245-15.542	0.52
	Colesterol	1.331	0.299-5.922	0.707
	Triglicéridos	1.322	0.471-3.712	0.595
	HDL	0.954	0.375-2.429	0.921
	LDL	0.965	0.949-0.980	0.329

Tabla 4. Análisis estadístico sobre la relación entre los factores morfológicos SNP del gen POMC en la población general (continúa)

SNP	Marcador clínico	OR	I.C.	p
rs28932472	AHF-DM2	0.916	0.663-1.267	0.597
	AHF-ECV	1.084	0.758-1.550	0.657
	AHF-HTA	1.016	0.738-1.398	0.925
	AHF-Sobrepeso	1.124	0.820-1.541	0.469
	Circunferencia de Cintura	1.19	0.845-1.675	0.319
	ICC	0.567	0.526-0.612	0.383
	ICE	0.94	0.683-1.293	0.705
	%Grasa Corporal	0.935	0.678-1.289	0.681
	IMC	1.133	0.807-1.589	0.471
	Glucosa	0.928	0.341-2.526	0.883
	Colesterol	1.136	0.613-2.103	0.685
	Triglicéridos	1.262	0.836-1.906	0.267
	HDL	0.772	0.550-1.084	0.135
	LDL	0.606	0.275-1.334	0.209

AHF-DM2= Antecedente heredofamiliar de diabetes mellitus tipo 2; AHF-ECV= Antecedente heredofamiliar de enfermedades cardiovasculares; AHF-HTA= Antecedente heredofamiliar de hipertención arterial; CC= Circunferencia de cintura; ICC= Índice cintura-cadera; ICE= Índice cintura-estatura; IMC= Índice de masa corpora; HDL= Colesterol de alta densidad; LDL= Colesterol de baja densidad. Se determinó el valor de *p* por análisis de Chi^2 ($p \leq 0.05$) y se calcularon la razones de momio (OR) y 95% del intervalo de confianza (I.C.).

En la tabla 5 se presentan los resultados estadísticos que se obtuvieron de los SNPs correspondientes al gen PCSK1, se puede observar que el polimorfismo rs13169290 es un factor de riesgo relacionado a los antecedentes heredofamiliares de hipertensión arterial (OR= 1.549) y a los niveles de LDL (OR= 2.342). A nuestro entender no hay publicaciones referentes a la relación de este polimorfismo con algún factor antropométrico, por lo que se consideró como un SNP que debería investigarse a mayor profundidad.

El polimorfismo rs6232 del gen PCSK1 se presentó como un factor de riesgo relacionado a antecedentes heredofamiliares de enfermedades cardiovasculares, este SNP ha sido asociado con anterioridad a un mayor riesgo de obesidad tanto en niños como en adultos (Jarvela et al., 2019). Probablemente no se presentaron los resultados esperados en los marcadores de porcentaje de grasa e IMC por el tamaño de nuestra muestra.

De acuerdo a nuestra investigación bibliométrica, no se encuentran registros de publicaciones relacionadas a los SNPs rs6889272, rs17392686, rs1498928, rs156026 ni rs271923.

Tabla 5. Análisis estadístico sobre la relación entre los factores morfológicos SNP del gen PCSK1 en la población general (continúa)

SNP	Marcador clínico	OR	I.C.	p
rs13169290	AHF-DM2	0.941	0.643-1.377	0.775
	AHF-ECV	1.054	0.692-1.604	0.805
	AHF-HTA	1.549	1.049-2.288	0.027
	AHF-Sobrepeso	0.733	0.505-1.605	0.103
	Circunferencia de Cintura	0.926	0.618-1.387	0.708
	ICC	0.777	0.741-0.814	0.814
	ICE	0.969	0.666-1.412	0.871
	%Grasa Corporal	0.906	0.619-1.324	0.609
	IMC	0.792	0.527-1.188	0.259
	Glucosa	1.653	0.564-4.847	0.355
	Colesterol	1.829	0.955-3.505	0.065
	Triglicéridos	0.9988	0.608-1.607	0.962
	HDL	0.979	0.652-1.471	0.919
	LDL	2.342	1.036-5.295	0.036
rs6889272	AHF-DM2	3.198	0.581-17.595	0.158
	AHF-ECV	0.725	0.131-3.992	0.71
	AHF-HTA	1.41	0.282-7.041	0.674
	AHF-Sobrepeso	1.154	0.231-5.762	0.861
	Circunferencia de Cintura	2.736	0.327-22.879	0.333
	ICC	0.986	0.976-0.996	0.906
	ICE	4.576	0.48-38.237	0.123
	%Grasa Corporal	2.427	0.467-12.605	0.276
	IMC	3.022	0.361-25.266	0.283
	Glucosa	0.99	0.981-0.998	0.681
	Colesterol	0.989	0.980-998	0.474
	Triglicéridos	1.277	0.148-11.032	0.824
	HDL	0.278	0.05-1.53	0.116
	LDL	0.989	0.981-0.998	0.597
rs17392686	AHF-DM2	0.631	0.039-10.142	0.743
	AHF-ECV	0.996	0.990-1.002	0.393
	AHF-HTA	1.005	0.998-1.013	0.232

Tabla 5. Análisis estadístico sobre la relación entre los factores morfológicos SNP del gen PCSK1 en la población general (continúa)

SNP	Marcador clínico	OR	I.C.	p
	AHF-Sobrepeso	0.867	0.054-13.926	0.92
	Circunferencia de Cintura	2.218	0.138-35.646	0.564
	ICC	0.996	0.991-1.002	0.95
	ICE	1.33	0.083-21.353	0.84
	%Grasa Corporal	1.04	0.065-16.705	0.978
	IMC	2.01	0.125-32.291	0.615
	Glucosa	0.997	0.992-1.001	0.813
	Colesterol	0.996	0.991-1.001	0.681
	Triglicéridos	0.996	0.990-1.002	0.475
	HDL	0.995	0.987-1.002	0.288
	LDL	0.996	0.992-1.001	0.761
rs6232	AHF-DM2	0.622	0.265-1.457	0.27
	AHF-ECV	2.873	1.222-6.757	0.012
	AHF-HTA	1.255	0.519-3.036	0.614
	AHF-Sobrepeso	0.863	0.369-2.021	0.734
	Circunferencia de Cintura	1.69	0.7-4.080	0.238
	ICC	0.966	0.951-0.982	0.852
	ICE	1.216	0.509-2.905	0.66
	%Grasa Corporal	1.258	0.535-2.958	0.597
	IMC	0.933	0.375-2.326	0.882
	Glucosa	0.969	0.955-0.983	0.472
	Colesterol	0.967	0.952-0.982	0.211
	Triglicéridos	1.532	0.535-4.384	0.423
	HDL	1.809	0.707-4.629	0.21
	LDL	0.968	0.954-983	0.355
rs1498928	AHF-DM2	1.155	0.458-2.913	0.76
	AHF-ECV	1.018	0.361-2.871	0.973
	AHF-HTA	1.023	0.406-2.578	0.962
	AHF-Sobrepeso	2.017	0.784-5.192	0.138
	Circunferencia de Cintura	0.769	0.298-1.983	0.585
	ICC	0.97	0.956-0.985	0.861
	ICE	1.3	0.505-3.349	0.585
	%Grasa Corporal	1.64	0.65-4.312	0.281
	IMC	0.851	0.33-2.194	0.738
	Glucosa	0.969	0.955-.983	0.472

Tabla 5. Análisis estadístico sobre la relación entre los factores morfológicos SNP del gen PCSK1 en la población general (continúa)

SNP	Marcador clínico	OR	I.C.	p
	Colesterol	0.967	0.952-0.982	0.211
	Triglicéridos	1.283	0.365-4.505	0.697
	HDL	0.553	0.216-1.415	0.21
	LDL	0.968	0.954-983	0.355
rs156026	AHF-DM2	0.809	0.569-1.152	0.24
	AHF-ECV	0.839	0.574-1.226	0.364
	AHF-HTA	1	0.709-1.412	0.999
	AHF-Sobrepeso	0.934	0.664-1.313	0.694
	Circunferencia de Cintura	0.799	0.557-1.146	0.222
	ICC	0.704	0.665-0.744	0.516
	ICE	0.988	0.701-1.393	0.944
	%Grasa Corporal	1.005	0.712-1.419	0.975
	IMC	0.985	0.686-1.416	0.936
	Glucosa	0.729	0.261-2.038	0.545
	Colesterol	1.646	0.798-3.394	0.173
	Triglicéridos	1.038	0.671-1.606	0.868
	HDL	1.244	0.86-1.8	0.247
	LDL	1.9	0.705-5.121	0.197
rs271923	AHF-DM2	1.015	0.598-1.724	0.955
	AHF-ECV	0.825	0.467-1.458	0.508
	AHF-HTA	0.957	0.566-1.620	0.871
	AHF-Sobrepeso	0.886	0.526-1.49	0.647
	Circunferencia de Cintura	0.871	0.506-1.5	0.618
	ICC	0.905	0.88-0.931	0.746
	ICE	1.079	0.636-1.831	0.777
	%Grasa Corporal	1.105	0.653-1.871	0.709
	IMC	0.971	0.558-1.69	0.917
	Glucosa	0.495	0.137-1.789	0.274
	Colesterol	2.722	0.643-11.513	0.157
	Triglicéridos	1.069	0.550-2.078	0.844
	HDL	0.88	0.512-1.512	0.644
	LDL	1.426	0.329-6.183	0.634

AHF-DM2= Antecedente heredofamiliar de diabetes mellitus tipo 2; AHF-ECV= Antecedente heredofamiliar de enfermedades cardiovasculares; AHF-HTA= Antecedente heredofamiliar de hipertención arterial; CC= Circunferencia de cintura; ICC= Índice cintura-cadera; ICE= Índice cintura-estatura; IMC= Índice de masa corpora; HDL= Colesterol de alta densidad; LDL= Colesterol de baja densidad. Se determinó el valor de *p* por análisis de Chi^2 ($p \leq 0.05$) y se calcularon las razones de momio (OR) y 95% del intervalo de confianza (I.C.).

Conclusiones

Se encontró que el polimorfismo rs2229616 en nuestra población fue un factor de riesgo relacionado a la concentración de glucosa, a pesar de que anteriores estudios lo plantearan como un factor de protección contra DM2 y obesidad.

El polimorfismo rs934778 del gen POMC resultó ser un factor de protección en relación al IMC y al porcentaje de grasa. Se propuso explicar este evento con la previa asociación a la diabetes que se le había adjudicado.

De manera innovadora se propuso al SNP rs13169290 del gen PCSK1 como un polimorfismo que tiene efectos de riesgo sobre hipertensión arterial y niveles de LDL.

La identificación del polimorfismo rs6232, del gen PCSK1, como un factor de riesgo a antecedentes heredofamiliares de enfermedades cardiovasculares, enriquece la caracterización previa del polimorfismo como un factor de riesgo para el desarrollo de obesidad.

La propuesta de nuevos polimorfismos como factores de riesgo o de protección para el desarrollo de obesidad nos permite abrir nuevos campos de investigación y la búsqueda de nuevos tratamientos para el cuidado de la obesidad y sus enfermedades relacionadas.

Referencias

Aceves-Martins, M., Llauradó, E., Tarro, L., Solà, R., & Giralt, M. (2016). Obesity-promoting factors in Mexican children and adolescents: Challenges and opportunities. *Global Health Action*, Vol. 9. Co-Action Publishing. https://doi.org/10.3402/gha.v9.29625

Ayers, K. L., Glicksberg, B. S., Garfield, A. S., Longerich, S., White, J. A., Yang, P., … van der Ploeg, L. H. T. (2018). Melanocortin-4 receptor pathway dysfunction in obesity: Patient stratification aimed at MC4R agonist treatment. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. https://doi.org/10.1210/jc.2018-00258/4990775

Bakhashab, S., Filimban, N., Altall, R. M., Nassir, R., Qusti, S. Y., Alqahtani, M. H., … Dallol, A. (2020). The Effect Sizes of PPARγ rs1801282, FTO rs9939609, and MC4R rs2229616 Variants on Type 2 Diabetes Mellitus Risk among the Western

Saudi Population: A Cross-Sectional Prospective Study. *Genes*, *11*(1), 98. https://doi.org/10.3390/genes11010098

Barquera, S., & Rivera, J. A. (2020). Obesity in Mexico: rapid epidemiological transition and food industry interference in health policies. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, *8*(9), 746–747. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30269-2

Bendall, C. L., Mayr, H. L., Opie, R. S., Bes-Rastrollo, M., Itsiopoulos, C., & Thomas, C. J. (2018, December 12). Central obesity and the Mediterranean diet: A systematic review of intervention trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 58, pp. 3070–3084. Taylor and Francis Inc. https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1351917

Cole, S. A., Butte, N. F., Voruganti, V. S., Cai, G., Haack, K., Kent, J. W., … Gibbs, R. A. (2010). Evidence that multiple genetic variants of MC4R play a functional role in the regulation of energy expenditure and appetite in Hispanic children. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *91*(1), 191–199. https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28514

Fairbrother, U., Kidd, E., Malagamuwa, T., & Walley, A. (2018). Genetics of Severe Obesity. *Current Diabetes Reports*, *18*(10), 85. https://doi.org/10.1007/s11892-018-1053-x

Jarvela, T. S., Gahlot, S., Shakya, M., Bachor, T., White, A., Low, M. J., & Lindberg, I. (2019). Reduced stability and pH-dependent activity of a common obesity-linked PCSK1 polymorphism, N221D. *Endocrinology*, *160*(11), 2630–2645. https://doi.org/10.1210/en.2019-00418

Maycotte-Cervantes, M. L., Aguilar-Galarza, A., Anaya-Loyola, M. A., Anzures-Cortes, Ma. de L., Haddad-Talancón, L., Méndez-Rangel, A. S., … Moreno-Celis, U. (2020). Influence of Single Nucleotide Polymorphisms of ELOVL on Biomarkers of Metabolic Alterations in the Mexican Population. *Nutrients*, *12*(11), 3389. https://doi.org/10.3390/nu12113389

Mayoral, L. P. C., Andrade, G. M., Mayoral, E. P. C., Huerta, T. H., Canseco, S. P., Rodal Canales, F. J., … Perez-Campos, E. (2020, January 1). Obesity subtypes, related biomarkers & heterogeneity. *The Indian Journal of Medical Research*, Vol. 151, pp. 11–21. NLM (Medline). https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1768_17

Mohammed, M. S., Sendra, S., Lloret, J., & Bosch, I. (2018). Systems and WBANs for controlling obesity. *Journal of Healthcare Engineering*, Vol. 2018. Hindawi Limited. https://doi.org/10.1155/2018/1564748

Nordang, G. B. N., Busk, Ø. L., Tveten, K., Hanevik, H. I., Fell, A. K. M., Hjelmesæth, J., … Hertel, J. K. (2017). Next-generation sequencing of the monogenic obesity genes LEP, LEPR , MC4R , PCSK1 and POMC in a Norwegian cohort of patients with morbid obesity and normal weight controls. *Molecular Genetics and Metabolism*, *121*(1), 51–56. https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2017.03.007

Queiroz, E. M., Cândido, A. P. C., Castro, I. M., Bastos, A. Q. A., Machado-Coelho, G. L. L., & Freitas, R. N. (2015). IGF2, LEPR, POMC, PPARG, and PPARGC1 gene variants are associated with obesity-related risk phenotypes in Brazilian children and adolescents. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *48*(7), 595–602. https://doi.org/10.1590/1414-431x20154155

Singh, R. K., Kumar, P., & Mahalingam, K. (2017, February 1). Molecular genetics of human obesity: A comprehensive review. *Comptes Rendus - Biologies*, Vol. 340, pp. 87–108. Elsevier Masson SAS. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2016.11.007

Zeng, C.-P., Lin, X., Peng, C., Zhou, L., You, H.-M., Shen, J., & Deng, H.-W. (2019). Identification of novel genetic variants for type 2 diabetes, childhood obesity, and their pleiotropic loci. *Journal of Human Genetics*, *64*(5), 369–377. https://doi.org/10.1038/s10038-019-0577-5

Asociación del grado de conocimiento de su enfermedad en pacientes con hipertensión arterial y su adherencia al tratamiento, en la Unidad de Medicina Familiar número 9 de Querétaro.

*Franco Rodríguez Eduardo Francisco, Residente de Medicina Familiar en UMF 09 en Querétaro, Querétaro.
**Cadena Moreno Ericka Esther, Coordinador de Educación e Investigación en salud en UMF 05 Pedro Escobedo, Querétaro.
Correo electrónico de autor principal: francoieduardo21@gmail.com

Resumen

Objetivo: Determinar la asociación entre el grado de conocimiento de su enfermedad del paciente con hipertensión arterial y su apego al tratamiento. Material y métodos: Estudio observacional, analítico, transversal, comparativo. El cálculo de tamaño de muestra con fórmula cuyo objetivo es comparar dos proporciones, n=315. Muestreo no probabilístico por conveniencia donde se incluyeron a todos los pacientes con diagnóstico confirmado de hipertensión arterial de ambos sexos adscritos a la UMF-9 y pacientes que aceptaron participar en el estudio y que firmaron el consentimiento informado, se excluyeron pacientes con otras comorbilidades, se eliminaron a los pacientes que contestaron de manera parcial cualquiera de los instrumentos aplicados en el presente estudio, las variables estudiadas fueron adherencia, conocimiento, sexo, edad, años de enfermedad, estado civil, estado laboral, nivel educativo, el análisis estadístico fue determinado con chi cuadrada y t de student. Se respetaron los aspectos éticos. Resultados: no se encontró asociación entre el conocimiento de la hipertensión arterial con el apego al tratamiento (chi2=2.16; p=0.87); ya que se encontró que tanto los que conocen su enfermedad 58.9%, como los que no conocen su enfermedad 66.9%, no presentó una significancia estadística. Conclusión: en este estudio no se encontró asociación entre grado de conocimiento sobre hipertensión arterial y su de adherencia al tratamiento en pacientes hipertensos.

Palabras clave: hipertensión arterial, Conocimiento, adherencia, adultos, asociación.

Abstract

Objective: To determine the association between the degree of knowledge of patients with hypertension about their disease and their adherence to treatment. Material and methods: Observational, analytical, cross-sectional, comparative study. Sample size calculation with formula whose objective is to compare two proportions, n=315. Non-probabilistic sampling by convenience where all patients with a confirmed diagnosis of arterial hypertension of both sexes assigned to the UMF-9 and patients who agreed to participate in the study and who signed the informed consent form were included; patients with other comorbidities were excluded, The variables studied were adherence, knowledge, sex, age, years of illness, marital status, employment status, educational level, and the statistical analysis was determined with chi-square and Student's t-test. Ethical aspects were respected. Results: no association was found between knowledge of arterial hypertension and the variable: adherence to treatment (chi2=2.16; P=0.87); since it was found that both those who know their disease 58.9%, and those who do not know their disease 66.9%, did not present statistical significance. Conclusion: there is no association between the degree of knowledge about hypertension and adherence to treatment in hypertensive patients.

Key words: hypertension, knowledge, adherence, adults, association.

Introducción

Debido a la problemática social que constituye la hipertensión arterial, lo esperado es que las personas afectadas tengan conocimiento sobre su enfermedad, pero esto difiere en diversas poblaciones. Por tal motivo, tener conocimiento sobre la patología facilitaría a una mayor adherencia al tratamiento para un mejor control de la presión arterial y así disminuir la tasa de morbilidad y mortalidad que puede ocasionar la hipertensión, sin embargo, esto no siempre se cumple.

Objetivo General

Determinar la asociación entre el grado de conocimiento de su enfermedad del paciente con hipertensión arterial y su apego al tratamiento.

Hipótesis

La asociación de pacientes hipertensos con un grado de conocimiento alto y la adherencia al tratamiento se espera en menos del 65 por ciento y la prevalencia de pacientes hipertensos con un grado de conocimiento bajo y la adherencia al tratamiento se espera en más del 35 por ciento.

Metodología

Estudio observacional, analítico, transversal, comparativo. El cálculo de tamaño de muestra con fórmula cuyo objetivo es comparar dos proporciones, n=315. Muestreo no probabilístico por conveniencia donde se incluyeron a todos los pacientes con diagnóstico confirmado de hipertensión arterial de ambos sexos adscritos a la UMF-9 y pacientes que aceptaron participar en el estudio y que firmaron el consentimiento informado, se excluyeron pacientes con otras comorbilidades, se eliminaron a los pacientes que contestaron de manera parcial cualquiera de los instrumentos aplicados en el presente estudio, las variables estudiadas fueron adherencia, conocimiento, sexo, edad, años de enfermedad, estado civil, estado laboral, nivel educativo, el análisis estadístico fue determinado con chi cuadrada y t de student. Se respetaron los aspectos éticos.

Resultados

Se estudiaron 315 pacientes, en donde no se encontró asociación entre el conocimiento de la hipertensión arterial con el apego al tratamiento (chi2=2.16; p=0.87); ya que se encontró que tanto los que conocen su enfermedad 58.9%, como los que no conocen su enfermedad 66.9%, no presentó una significancia estadística, ya que de los pacientes con conocimiento de su enfermedad, el 41.1% tienen adherencia al tratamiento y de los pacientes sin conocimiento de la enfermedad el 33.1% se adhiere al tratamiento.

Cuadro VII.6 Adherencia en su tratamiento de los pacientes con hipertensión arterial

n=158 con alto conocimiento

157 con bajo conocimiento

Adherencia	Alto grado de conocimiento		Bajo grado de conocimiento			
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	X2	p
					2.16	0.87
Si	65	41.1	52	33.1		
No	93	58.9	105	66.9		

Prueba de X2 significativa cuando p es menor o igual a 0.05

Fuente: Encuestas aplicadas a los pacientes con hipertensión arterial, de la UMF 9, IMSS, Querétaro. Del 21 de julio del 2020 al 31 de diciembre del 2021.

Conclusiones

En este estudio no se encontró asociación entre grado de conocimiento sobre hipertensión arterial y su de adherencia al tratamiento en pacientes hipertensos.

Referencias bibliográficas

1. Williams B, Mancia G, Giuseppe M, Spiering W, Agabiti R, Coca A, et al. Guía ESC/ESH 2018 sobre diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial. Rev Esp Cardiol. 2019; 72(2):160. e1-e78.
2. Diagnóstico y tratamiento de hipertensión arterial en el adulto mayor. Guía de Evidencias y Recomendaciones: Guía de Práctica Clínica. México, IMSS; 2017 Disponible en: http://www.imss.gob.mx/profesionales-salud/gpc
3. Rosa-Peralta M, Palomo-Piñón S, Borrayo-Sanchez G, Madrid-Miller A, Almeida-Gutierrez E, et al. Consenso de hipertensión arterial sistémica en México. REV Med Ins Mex Seguro Soc.2016; 54(1) S1-S51.
4. Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. Resultados por entidad federativa, Querétaro. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2018. Disponible en: encuestas.insp.mx
5. Pomares-Avalos AJ, Vázquez-Núñez A, Ruíz-Domínguez ES. Adherencia terapéutica en pacientes con hipertensión arterial. Revista Finlay.2017; 7(2):81-88.
6. Campos-Nonato I, Hernández-Barrera L, Pedroza-Tobías A, Medina C, Barquera S. Hipertensión arterial en adultos mexicanos: prevalencia, diagnóstico y tipo de tratamiento. Ensanut MC 2016. Salud Publica Mex [internet]. 2018 [citado 12 de junio 2019]; 60(3): 233-243. Disponible en: https://doi.org/10.21149/8813
7. Estrada D, Sierra C, Soriano RM, Jordán AI, Plaza N, Fernández C. Grado de conocimiento de la hipertensión en pacientes hipertensos. Enferm Clin. 2019; 11(33):1-9.
8. Garaundo Meza CS. Asociación entre el nivel de conocimiento de la hipertensión arterial y la adherencia al tratamiento farmacológico en pacientes atendidos en consultorio externo de cardiología del Hospital Ventanilla de septiembre a noviembre 2017. 2018 (tesis de pregrado) Universidad Ricardo Palma lima-Perú.
9. Maldonado-Reyes FJ, Vázquez-Martínez VH, Loera-Morales J, Ortega-Padrón M. Prevalencia de adherencia terapéutica en paciente hipertensos con el uso del cuestionario Martin-Bayarre-Grau. Aten Fam.2016; 23(2):48-52.
10. Pérez-Pupo RD, Rodríguez-lazo M. Nivel de conocimiento, sobre hipertensión arterial, de pacientes atendidos en un Centro de Diagnóstico Integral de Venezuela. CCM 2015; 19(3):406-417.
11. Alejo-Garcia ML, Maco-Pinto JM. Nivel de conocimiento sobre hipertensión arterial en pacientes hipertensos.Lima-perú.2017. Univ. Per. Cayet Heredia; 1(1):1-61.
12. Morisky-Donald E, Ang A, Krousel-Wood M, J. Ward H. Predictive Validity of A Medication Adherence Measure in an Outpatient Setting. J Clin Hypertens (Greenwich).2008; 10(5):348-354.
13. Pagés-Puigdemont N, Valverde-Merino MI. Methods to assess medication adherence. Ars Pharm.2018; 59(3): 163-172.
14. Luna-Breceda U, Haro-Vázquez SR, Uriostegui-Espíritu LC, Barajas-Gómez TJ, Rosas-Navarro DA. Nivel de adherencia terapéutica en pacientes con hipertensión arterial: experiencia en una unidad de medicina familiar de Zapopan, Jalisco, México. Aten Fam. 2017; 24(3):116-120.
15. Rodríguez-Abt JC, Solís-Visscher RJ, Rogic-Valencia SJ, Román Y. Reyes-Rocha M. Asociación entre conocimiento de hipertensión arterial y adherencia al tratamiento en pacientes hipertensos del hospital nacional Edgar Rebagliati Martins de

lima, perú.2015. Rev. Fac. Med. 2017; 65(1):55-60.

16. Ambarish P. Raza F, Velasco A. Brinker S. Comparison of Morisky Medication Adherence Scale with therapeutic drug monitoring in apparent treatment-resistant hypertension. Journal of the American Society of Hyperntension.2015; 9(1):420-426.

17. Silva-Barreto M, Oliveira-Reiners AA, Marcon-Silva S. Conocimiento sobre hipertensión arterial y factores asociados a la no adhesión a la farmacoterapia. Rev. Latino-Am Enfermagem.2014; 22(3):491-498.

18. Mohammad Y, Amal AH, Sanna A, Samar R, Salam Z. Evaluation of medication adherence in Lebanese hypertensive patients. Journal of Epidemiology and Global Health. 2016; 6(1):157-167.

19. Rowa Al-Ramahi. Adherence to medications and associated factors: A cross-sectional study among Palestinian hypertensive patients. Journal of Epidemiology and Global Health.2015; 5(1):125-132.

20. Valencia-Monsalvez F, Mendoza-Parra S, Luengo-Machuca L. Evaluación de la escala Morisky de adherencia a la medicación (MMAS-8) En adultos mayores de un centro de atención primaria en Chile. Rev Perú Med Exp Salud Pública. 2017; 34(2):245-249.

21. Moharamzad Y, Saadat H, Nakhjavan-Shahraki B, Rai A, Saddat Z. Validation of the persian version of the 8-item Morisky Medication Adherence Scale (MMAS-8) in Iranian Hypertensive Patients. Global Journal of Health Science.2015; 7(4):173-183.

22. Torlasco C, Faini A, Makil E, Ferri C. Cardiovascular risk and hypertension control in Italy. Data from the 2015 World Hypertension Day Internacional Journal of Cardiology 243. 2017; 529-532.

23. Otero J, Camacho PA, Gómez-peña LM, Rueda-Quijano SM. Medición, control y conocimiento de la presión arterial: iniciativa Mayo Mes de la Medición Colombia 2017.Hipertens Riesgo Vasc. 2019; 3(4):1-7.

24. Benítez-Caps M. Egocheaga-cabello MI, Dalfó-baque A, Bajo-Garcia J, Vara-Gonzalez L. Estudio Conocimiento: grado de conocimiento sobre hipertensión arterial de nuestros pacientes. Relación con el nivel de control de la misma. Hiperten Riesgo Vasc. 2015;32(1):12-20.

25. Lugo-Mata AR, Urich-Landeta AS, Andreades-Perez AS, Leon-Dugarte MJ, Marcano-Acevedo LA. Factors associated with the level of knowledge about hypertension in primary care patients. Medicina Universitaria. 2017; 19(77):184-188.

26. Alemán JF, Rueda B. influencia del género sobre factores de protección y vulnerabilidad, la adherencia y calidad de vida en pacientes con enfermedad cardiovascular. Aten primaria. 2018; 7(3):1-7.

27. Wong CW, Kwok CS, Narain A. Marital status and risk of cardiovascular diseases: a systematic review and meta-analysis. Heart 2018 DEC.2019; 104(23):1937-1948.

28. Norma oficial mexicana nom-012-ssa3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. Diario oficial, primera sección. 2013; 1(1): 1-14.

Quercetina y su fermentado en HT-29 sometidas a BPA.

García-Gutiérrez N[1*], Vergara-Castañeda HA[1,**].

[1] Departamento de Investigación Biomédica. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. **nat_gagu5487@hotmail.com, *hayde.vergara@uaq.mx

Resumen

El bisfenol A (BPA) es un componente de los empaques destinados a la industria alimentaria. Es considerado un disruptor endócrino por promover la progresión de estadios de cáncer colónico debido al daño en el material genético. Por otro lado, la quercetina (Q) es un flavonoide anticancerígeno que regula vías de señalización proapoptóticas; por lo que su presencia podría mitigar el daño causado por el BPA, evitando la progresión del cáncer de colon. El objetivo fue evaluar el efecto de la quercetina y su extracto fermentado (FQ) sobre células transformadas de colon humano tratadas con BPA. La viabilidad celular (VC) se midió por MTT para determinar la concentración inhibitoria media (IC_{50}) bajo tratamiento con Q y FQ en células HT-29 y en coexposición con BPA. Tratamientos: Q, BPA (4.4µM, concentración tolerable permitida), Q+BPA, FQ y FQ+BPA. Se evaluó necrosis por LDH, ciclo celular por citometría de flujo y se evaluó la expresión de genes de la vía de señalización de p53 mediante RT qPCR. La IC_{50} de Q y FQ fue de 160.63µM y 15.98%, respectivamente. Estas concentraciones reducen la VC también en células expuestas a BPA Q y Q+BPA indujeron arresto del ciclo celular en la fase G0/G1 y FQ y FQ+BPA en la fase S. BPA redujo la VC en un 10% por necrosis. Q, Q+BPA, FQ, FQ+BPA regularon positivamente genes involucrados con apoptosis e inhibición del ciclo celular y negativamente genes antiapoptóticos. El efecto anticancerígeno de quercetina se sostiene incluso en presencia del disruptor BPA en células HT-29.

Palabras clave. *Quercetina, cáncer de colon, bisfenol a.*

Abstract

Bisphenol A (BPA) is a component of packaging destined for the food industry. It is considered an endocrine disruptor for promoting the progression of stages of colon cancer due to damage to the genetic material. On the other hand, quercetin (Q) is an anticancer flavonoid that regulates pro-apoptotic signaling pathways; so its presence could mitigate the damage caused by BPA, preventing the progression of colon cancer. The objective was to evaluate the effect of quercetin and its fermented extract (FQ) on transformed human colon cells treated with BPA. Cell viability (CV) was measured by MTT to determine the mean inhibitory concentration (IC_{50}) under treatment with Q and FQ in HT-29 cells and in co-exposure with BPA. Treatments: Q, BPA (4.4µM, tolerable concentration allowed), Q + BPA, FQ and FQ + BPA. Necrosis by LDH, cell cycle was evaluated by flow cytometry and the expression of genes of the p53 signaling pathway was evaluated by RT qPCR. The IC_{50} for Q and FQ was 160.63µM and 15.98%, respectively. These concentrations reduce CV also in cells exposed to BPA. Q and Q + BPA induced cell cycle arrest in the G0 / G1 phase and FQ and FQ + BPA in the S phase. BPA reduced VC by 10% due to necrosis. Q, Q + BPA, FQ, FQ + BPA positively regulated genes involved with apoptosis and cell cycle inhibition and negatively antiapoptotic genes. The anticancer effect of quercetin is sustained even in the presence of the BPA disruptor in HT-29 cells.

Key Words. Quercetin, colon cancer, bisphenol a

Introducción

El término disruptor endócrino se aplica a un grupo de moléculas exógenas que interfieren en la síntesis

de las hormonas, su metabolismo y función tanto en el hombre como en los animales (Diamanti-Kandarakis et al., 2009). Los hay de origen sintético y natural, a este último se le denomina fitoestrógeno y está representado por los flavonoides. Estos son compuestos no esteroideos cuya producción es el resultado del metabolismo secundario de las plantas que forman parte de la dieta del ser humano. Los flavonoides se sintetizan en las plantas mediante la vía metabólica acetato-malonato o fenilpropanoide, de la cual, su estructura general resultante es C6-C3-C6 con función fenilbenzopirano (Buer et al., 2010). Los alimentos en los que podemos encontrar a los flavonoides son en frutas y verduras, el té, la cocoa, el vino, entre otros (Nikolić et al., 2017).

La función de los fitoestrógenos dentro de las plantas no es hormonal, sino que actúan como defensa frente al estrés, radiación UV y a microorganismos debido a su actividad antifúngica, antibacterial, antiviral y antioxidante (Izaguirre et al., 2006). El ingreso de los fitoestrógenos es mediante la dieta consumida por el humano y es en el cuerpo donde van a ejercer los metabolitos su efecto biológico estrogénico. Cuando los alimentos son consumidos por las personas los fitoestrógenos son incorporados tanto en su forma agliconada o glucosilada. La absorción de los flavonoides por el intestino delgado varía de un 0 a 60%, dependiendo de la estructura del flavonoide en cuestión, de su unión con azúcares y del consumo total de flavonoides en la dieta, el cual varía considerablemente entre países (Verkasalo et al., 2001). Tras la absorción del compuesto este experimenta metabolización por las enzimas de fase II presentes principalmente en hígado y conjugando su estructura que son fácilmente eliminables mediante la orina con una vida media de 2 a 8 horas. Sin embargo, los fitoestrógenos no metabolizados pueden alcanzar diferentes tejidos donde son capaces de desencadenar respuestas biológicas, incluyendo aquellas en las que participan las hormonas.

Por otro lado, también se han sintetizado industrialmente disruptores como el bisfenol a (BPA), el cual se obtiene a partir de la condensación de dos moléculas de fenol con una molécula de acetona en presencia de ácido clorhídrico (Vandenberg et al., 2009). El BPA se ha convertido en un componente clave en la fabricación de muchos materiales incluyendo botellas de plástico reusables, biberones, bebidas enlatadas (Geens et al., 2011). Sin embargo, debido a que el BPA es capaz de desprenderse de los materiales bajo condiciones de temperatura y pH, puede migrar a los alimentos (Bolli et al., 2008), y por consecuencia, los consumidores incorporan este químico a su cuerpo encontrándose presente en la piel, saliva y sangre (Braun et al., 2011; Van Landuyt et al., 2011).

Desde hace varios años se ha investigado el efecto de los disruptores estrogénicos en diversos modelos biológicos en un contexto fisiológico y patológico. A pesar de que el tejido colónico no ha sido estudiado a fondo en relación con los xenoestrógenos, estudios demuestran que los disruptores endócrinos exógenos podrían activar o inhibir señales intracelulares esenciales para la protección contra enfermedades como el cáncer de colon o bien promover su aparición. En la mucosa del tejido colónico sano el receptor estrogénico alfa (ERα) se expresa mínimamente a diferencia del receptor estrogénico beta (ERβ) (Campbell-Thompson et al., 2001). Durante el desarrollo del cáncer de colon la expresión de los subtipos 1 y 2 del ERβ se ha observado disminuido, lo que lo ha señalado como un buen candidato para ser utilizado como blanco de diversas terapias contra el cáncer (Campbell-Thompson et al., 2001). La actividad estrogénica de los fitoestrógenos se debe a la similitud estructural con el 17-β-estradiol y su afinidad por los receptores estrogénicos α y β (ERα y ERβ, respectivamente) (Shanle & Xu, 2011). Esta afinidad con actividad agonista o antagonista, dependiente de la estructura y de la concentración del compuesto, ha sido observada débilmente en comparación al estradiol, además se ha determinado que algunos compuestos muestran una afinidad selectiva entre el ERα y el ERβ (Lóránd et al., 2010). Los fitoestrógenos son capaces de interaccionar con los Erα y ERβ imitando la acción del estradiol e induciendo la muerte celular apoptótica. Tal es el caso de la quercetina, la cual es capaz de inducir la activación de p38 en células de cáncer de colon DLD-1 y esto a su vez promover la activación de caspasa-

3, la escisión la proteína PARP posterior muerte celular (Bulzomi et al., 2012).

En cuanto al BPA y su asociación con el cáncer de colon los reportes indican que esté agente en células de epitelio de colon normal NC460 a concentraciones micromolares promueve la migración de células por la estimulación de la expresión y actividad de MMP-9 mediada por REβ, sugiriendo posibles riesgos de desarrollo de cáncer (Shi et al., 2016). Además, en células de cáncer de colon SW480 sometidas a diferentes concentraciones nanomolares de BPA, se encontró que este químico logró modular 56 proteínas involucradas en la proliferación celular y el estrés oxidativo, observándose un aumento en la migración celular e invasión, ocasionando la transformación de las transiciones epiteliales a mesenquimales y el aumento de la expresión del factor de transcripción Snail, un marcador de progresión tumoral (Chen et al., 2015). A pesar de la importancia que pudiera tener el BPA en el colon, la información acerca de esta alteración no es suficiente y, por lo tanto, su mecanismo de acción hasta el momento no es totalmente claro. En vista de su uso vigente, se han buscado moléculas principalmente de origen vegetal como los polifenoles que ayuden a reducir su efecto tóxico. Por todo lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la quercetina y su extracto fermentado en células de cáncer de colon expuestas a BPA.

Metodología

Fermentación gastrointestinal *in vitro*.
Esta técnica utilizada de acuerdo con lo descrito por Campos-Vega y col. (2009), es un método de fermentación de la microbiota intestinal humana para estimar los efectos de la digestión de la quercetina en el colon que representa un modelo de intestino grueso simulado. Se utilizó como fuente bacteriana un inóculo fecal humano obtenido de voluntarios sanos normo peso, sin antecedentes de enfermedades gastrointestinales sin haber consumido antibióticos tres meses previos a la toma de la muestra. Brevemente, las fermentaciones se realizaron por duplicado en un baño de agua a 37 °C. Se utilizó rafinosa como control para el azúcar fermentable en las mismas condiciones. Se llenaron tubos estériles con 9 ml de medio de cultivo basal estéril. Se prepararon suspensiones fecales homogeneizando 2 g de heces frescas con 18 ml de tampón fosfato de sodio 0.1 M, pH 7. Los tubos que contenían la mezcla de medio de cultivo basal se inocularon con 1 ml de suspensiones fecales, y 1 gramo de quercetina previamente sometida a digestion gastrointestinal, excepto a los blancos. Las muestras se agitaron con vórtex durante 30 segundos y se colocaron en un baño de agua a 37 °C. Al final de cada tiempo de fermentación, se evaluó el pH de la muestra (6, 12 y 24 h). La fermentación se detuvo colocando los tubos en un congelador a -70 °C.

Viabilidad celular y determinación de la IC_{50}.
La viabilidad de la línea celular de cáncer de colon HT-29, obtenida de la ATCC, fue evaluada mediante el ensayo colorimétrico de MTT. Se sembraron $5x10^3$ células por pozo en microplaca estéril de 96 pozos en medio de cultivo adicionado con suero fetal bovino (FBS) al 10%. A las 24h de incubación el medio fue sustituido por diferentes concentraciones de quercetina (40-180µM) disueltos en medio con FBS al 2%, también se incluyó control negativo de células sin tratamiento. Se colocó nuevamente a incubación por 48h. Después de la incubación se retiró el medio y se adicionaron 200µl de solución MTT a cada pozo, incubándose nuevamente por 1h a 37°C. Pasado el tiempo se removió el sobrenadante y se añadieron 200µl de DMSO a cada pocillo, dejándose a temperatura ambiente durante 10min antes de la lectura a una longitud de onda de 540nm en espectrofotómetro de ELIZA (Thermo scientific®, multiscan GO). El cálculo del porcentaje de viabilidad se obtuvo con la siguiente ecuación. %viabilidad celular: $(DO_t/DO_c)*100$. DO_t: Densidad óptica promedio de los cultivos tratados. DO_c: Densidad óptica promedio del control negativo. El porcentaje de viabilidad celular se graficó contra la concentración del tratamiento para encontrar la dosis inhibitoria media (IC_{50}). La concentración inhibitoria cincuenta (CI_{50}) se refirió a la concentración necesaria del tratamiento para inhibir la sobrevivencia del 50% de la población celular sometida al tratamiento.

Tratamientos
La variabilidad celular, así como las siguientes determinaciones se realizaron bajo los siguientes tratamientos disueltos en medio con FBS al 2%: Quercetina a la IC_{50}, extracto fermentado de quercetina a la $IC_{50,}$ bisfenol a (4.4µM, concentración recomendada por la FDA), mezcla de quercetina o su extracto fermentado con bisfenol a; además se incluyó blanco de fermentación que corresponde a agua sometida bajo el mismo procedimiento que las muestras, control negativo (células sin tratamiento), control positivo (triton al 1%).

Necrosis celular
La citotoxicidad de las células se evaluó mediante las indicaciones descritas en el kit de LDH (ROCHE®, 11644793001). Las células se sembraron en microplaca estéril de 96 pozos ($5x10^3$ células/pozo) en medio de cultivo adicionado con FBS al 10%. 24 horas después, el medio se sustituyó por los tratamientos previamente mencionados, incluyéndose un control positivo de tritón X-100 al 1%. Después de 48 h de incubación se mezcló 50µl de cada tratamiento con 100µl del reactivo de LDH y se dejó por 15min a temperatura ambiente. La absorbancia de las muestras se midió en espectrofotómetro a una longitud de onda de 492nm. El cálculo de la actividad de lactato deshidrogenasa se obtuvo mediante la siguiente ecuación. %Citotoxicidad: $(DO_t-DO_c)*100/(DO_p-DO_c)$. DO_t: Densidad óptica promedio de los cultivos tratados. DO_c: Densidad óptica promedio del control negativo. DO_p: Densidad óptica promedio del control positivo.

Cuantificación del DNA en las fases del ciclo celular por citometría de flujo
El contenido de DNA en las fases del ciclo celular se cuantificó siguiendo la metodología del kit Muse Cell Cycle Assay (Merck millipore®, MCH100101). Brevemente las células se sembraron en placa de 6 pozos ($1x10^6$ células/pozo) en medio de cultivo adicionado con FBS al 10%. A las 24h de incubación, el medio fue sustituido por los tratamientos. Después de 48 h de incubación la placa se lavó con 1ml de PBS 1X. Las células adheridas a la caja se cosecharon con tripsina. Las células tripsinisadas se centrifugaron a 1800rpm durante 5min a 30°C. El sobrenadante se removió y la pastilla se lava 2 veces con 2ml de PBS 1X. Se centrifugó nuevamente removiéndose el sobrenadante y la pastilla se resuspendió en 1ml de etanol frío al 70%. Se incubó por 3h a -20°C. Pasado el tiempo se centrifugó a 1800rpm durante 5min a -4 °C. La pastilla se lavó 1 vez con 2ml de PBS 1X y finalmente se resuspendió la pastilla en 20 µl del reactivo incubándose por 30 min. La lectura en el citómetro de flujo fue de $1x10^5$ células (Muse Cell Analyzer). Los resultados se expresaron en porcentaje de DNA/100 de células en las cuatro fases del ciclo celular (G0, G1, S, G2).

Evaluación de la expresión de genes de la vía de p53 mediante RT qPCR.
Se determinó la expresión de genes por medio del arreglo Human p53 Signaling Pathway (330231 PAHS-027ZA) usando las condiciones mencionadas en el inserto. Pero primero se extrajo el RNA total de las células bajo tratamiento empleando membranas de silica-gel de la marca Jena Bioscience GmbH (Jena, Germany, PP-210S) y posteriormente se realizó la síntesis de cDNA empleando el kit Script cDNA de la marca Jena Bioscience GmbH (Jena, Germany, PCR-511S). Los resultados fueron analizados en geneglobe.qiagen.com. Los resultados son considerados como secuencias potencialmente moduladas si el cambio entre las muestras provenientes de las células sometidas a tratamiento y las no tratadas fue mayor de 2 veces (inducción o inhibición).

Análisis estadístico
Los datos se analizaron con el software JMP. Se realizó un análisis estadístico siguiendo ANOVA y Tukey-Kramer cuando se identificaron diferencias significativas entre los grupos o Dunnet cuando se compararon contra el control negativo o BPA.

Resultados

Los resultados de viabilidad de la línea celular de cáncer de colon humano HT-29 sometidas a quercetina y su extracto fermentado se muestran en la

figura 1 y 2. El ensayo de MTT reveló que el porcentaje de viabilidad celular disminuyó dosis-dependiente del incremento de la concentración de quercetina y su extracto fermentado. La IC50 de las células bajo tratamiento con quercetina y su extracto fermentado fue de 160.63µM y 15.98%, respectivamente.

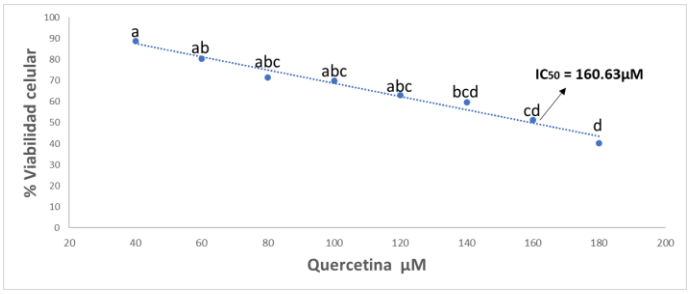


Figura 1. Curva dosis-respuesta de la quercetina en células de cáncer de colon humano HT-29, después de 48 h de tratamiento. Cada valor representa el promedio de tres experimentos independientes por triplicado ± ES. Letras diferentes expresan diferencia significativa (P < 0.05), prueba de Tukey. Las células tratadas se normalizaron con el control negativo (células no tratadas). La concentración inhibitoria media o IC_{50} se refiere a la concentración necesaria del tratamiento para inhibir la sobrevivencia del 50% de la población celular sometida al tratamiento.

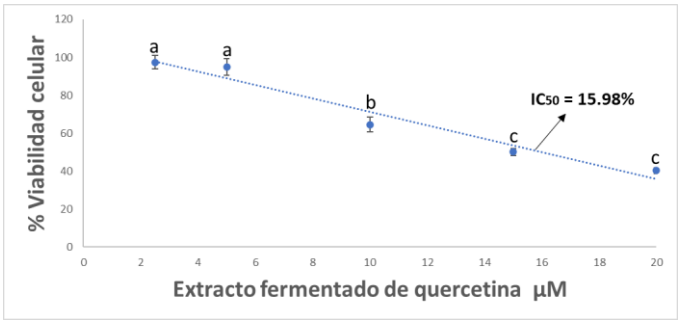


Figura 2. Curva dosis-respuesta del extracto de fermentación de quercetina en células de cáncer de colon humano HT-29, después de 48 h de tratamiento. Cada valor representa el promedio de tres experimentos independientes por triplicado ± ES. Letras diferentes expresan diferencia significativa (P < 0.05), prueba de Tukey. Las células tratadas se normalizaron con el control negativo (células no tratadas). La concentración inhibitoria media o IC_{50} se refiere a la concentración necesaria del tratamiento para inhibir la sobrevivencia del 50% de la población celular sometida al tratamiento.

La coexposición de quercetina o su extracto fermentado con BPA que se muestra en la figura 3, dio como resultado un porcentaje de viabilidad de entre 50 - 60%, los resultados indican que el efecto anticancerígeno de la quercetina predomina sobre los efectos moleculares inducidos por BPA, debido a que el BPA por sí solo no redujo de manera importante la viabilidad.

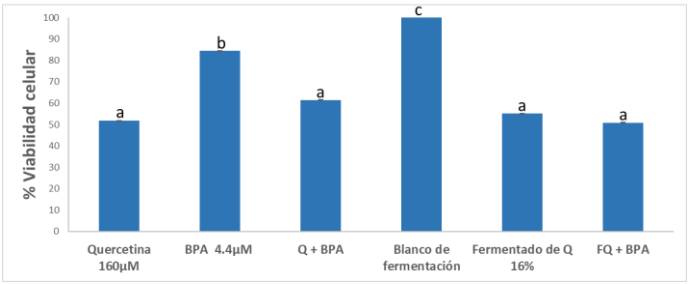


Figura 3. Efecto de la coexposición de quercetina o su extracto fermentado en células de cáncer de colon HT-29, tratadas con bisfenol A. Cada valor representa el promedio de tres experimentos independientes por triplicado ± ES, de las células tratadas con quercetina o su extracto fermentado después de 48 horas. Letras diferentes por renglón expresan diferencia significativa (P < 0.05), prueba de Tukey. El blanco corresponde a agua sometida bajo el mismo procedimiento que las muestras. Las células tratadas se normalizaron con el control negativo (células no tratadas).

El contenido de ADN de las células tratadas con quercetina sola y en combinación con el BPA se muestra aumentado significativamente en la fase G0/G1 (figura 4) en comparación a los demás grupos. Mientras que las células sometidas a tratamiento con el extracto fermentado de la quercetina se observan acumuladas en la fase S. Por otro lado, debido a que el tratamiento con BPA no muestra ninguna diferencia significativa en comparación al control negativo, se sugiere que la quercetina y su extracto fermentado promueven la acumulación de las células con ADN fragmentado (fase G0/G1 o S). Este ensayo demuestra que la quercetina y su extracto fermentado causan arresto al ciclo celular individualmente y en coexposición con el BPA.

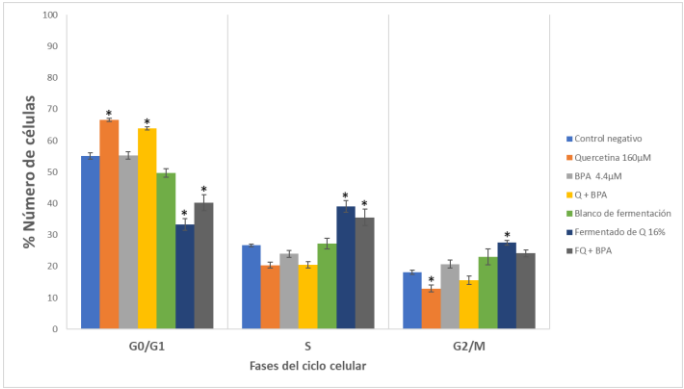


Figura 4. Número de células en las fases de ciclo en células HT-29 tratadas con quercetina y su extracto fermentado en coexposición con el bisfenol A. Cada valor representa tres experimentos independientes por duplicado ± ES, expresados como porcentaje de DNA/ 500 000 células. El blanco corresponde a agua sometida bajo el mismo procedimiento que las muestras. Los signos expresan diferencia significativa comparándolos tratamientos contra el grupo BPA ($P < 0.05$), prueba de Dunnett. G_0: fase de reposo, G_1: 1ra fase de crecimiento, S: fase de síntesis de DNA, G_2: 2da. fase de crecimiento, M: fase de mitosis.

De los tipos de muerte celular que se conocen la necrosis es un mecanismo de muerte por el cual la célula se lisa vertiendo su contenido al espacio extracelular en respuesta de un daño intenso o prolongado. El efecto inductor de necrosis de los tratamientos con quercetina y BPA se observó de aproximadamente el 20% (figura 5); por su parte las células bajo tratamiento con el extracto fermentado de quercetina y su coexposición con BPA mueren por necrosis en aproximadamente un 20%, este resultado podría estar contribuyendo a la disminución en la viabilidad celular total de dicha línea celular junto con la inducción de otros tipos de muerte. El porcentaje de citotoxicidad en el control positivo se vio aumentado debido al daño letal que muestra el tritón al 1% sobre las células HT-29. En cuanto al resultado con BPA, el porcentaje de muerte por necrosis corresponde al valor de inhibición de viabilidad de la figura 3, por lo cual el porcentaje de muerte celular podría atribuirse a la muerte por citotoxicidad.

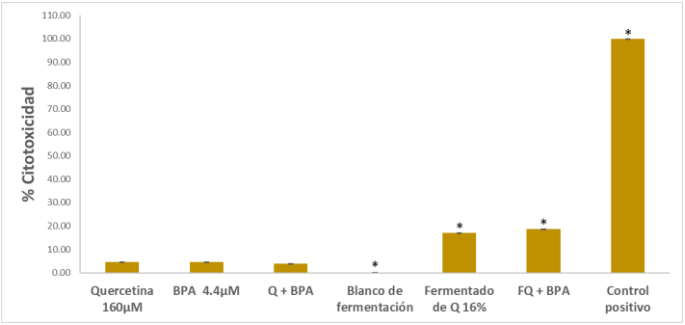


Figura 5. Efecto citotóxico de la quercetina y su fermentado en células de cáncer de colon HT-29, tratadas con bisfenol A. Cada valor representa el promedio de tres experimentos independientes por triplicado ± ES. Los signos expresan diferencia significativa ($P < 0.05$) comparándolos tratamientos con el grupo BPA, prueba de Dunnett. El blanco corresponde a agua sometida bajo el mismo procedimiento que las muestras. Las células tratadas se normalizaron con el control negativo (células no tratadas).

La regulación de la expresión de genes de la vía de señalización de p53 se muestra en la tabla 1. El tratamiento con quercetina moduló negativamente los genes BIRC5 y MCL1 que realizan procesos antiapoptóticos, los genes CDC25A, CDK1 y CDKN2A, involucrados en la regulación del ciclo celular. Mientras que moduló positivamente el gen proapoptótico KAS y MYC que es un gen inhibidor del ciclo celular. Por su parte, el tratamiento con BPA moduló negativamente los genes BRCA1 y GADD45A, inhibidores del ciclo celular. La coexposición de quercetina y BPA, así como su extracto fermentado regularon positivamente los genes KRAS; mientras que este último tratamiento reguló positivamente al gen TNF promotor de la apoptosis. Finalmente, el extracto fermentado de la quercetina en coexposición con el BPA moduló negativamente a E2F3, un gen con funciones de inhibición del ciclo celular, así como también reguló positivamente a los genes FASL, TP53AIP1 y TP63 con funciones proapoptóticas, GML y MYOD1 inhibidores del ciclo celular, WT1 supresor de tumores, KRAS, TNF.

Quercetina 160µM	BPA 4.41µM	Q + BPA	Fermentado de Q 16%	FQ + BPA
BIRC5 -6.40	BRCA1 -2.67	KRAS 88.50	KRAS 70.48	E2F3 -2.15
CDC25A -2.06	GADD45A -14.67		TNF 7.80	FASLG 5.00
CDK1 -6.22				GML 5.00
CDKN2A -9.67				KRAS 75.71
MCL1 -2.11				MYOD1 5.00
KRAS 40.23				TNF 5.00
MYC 2.06				TP53AIP1 5.00
				TP63 5.00
				WT1 5.00

Tabla 1. Expresión de genes de células HT-29 bajo tratamiento, regulación negativa o positiva >2 *fold* con respecto a las células control negativo empleando β-Actina, GAPDH, β-2-microglobulina como housekeeping.

Discusión y Conclusiones

La disminución de la vialidad celular dependiente del aumento de la concentración del tratamiento con quercetina podría ser debido en parte a su capacidad antioxidante al ser capaz de donar protones y electrones y disminuir el estrés oxidativo propio de células cancerosas (figura 1). Además de que este fitoquímico se ha observado que modula genes que promueven la muerte celular apoptótica (Bulzom et al., 2012). La IC_{50} determinada en este estudio es similar a lo reportado por (Yang et al., 2016). Por otra parte, el efecto inhibitorio celular del extracto de la fermentación de la quercetina podría deberse a la presencia tanto de quercetina pura como de sus metabolitos producidos por reacciones entre las bacterias colónicas y la quercetina (figura 2) (Serra et al., 2012). Los metabolitos resultantes dependen del flavonoide estudiado, en el caso de la quercetina se ha observado que uno de los metabolitos producidos principalmente por la microbiota colónica es el DOPAC (Serra et al., 2012), el cual se ha visto tener efecto en células de cáncer de colon. Hasta el momento no hay evidencia de la coexposición de la quercetina o su extracto fermentado con BPA en tejido colónico. Un grupo de investigadores observaron que en células de cáncer de ovario el porcentaje de viabilidad tras la coexposición del BPA con el flavonoide genisteína disminuyó drásticamente, debido al efecto antiproliferativo de la genisteína. Parte del mecanismo que podría estar implicado en la disminución de la viabilidad celular por parte de la quercetina es el arresto al ciclo celular (Hwang et al., 2012). Comparando los resultados obtenidos, en un estudio realizado por (Yang et al., 2016), encontraron que la quercetina a concentración entre 100 y 200µM y durante 48 h de incubación en células HT-29 aumentó el contenido de ADN en la fase G0/G1 del ciclo celular en comparación al control negativo, por lo que la quercetina a esas concentraciones muestra un efecto inhibitorio de la proliferación en células HT-29 mediante la detención en la fase G0/G1 (figura 3); además en este mismo estudio determinaron que bajo esa misma concentración, la quercetina promueve la muerte celular por apoptosis, proceso que aún debe confirmarse. En cuanto al extracto fermentado de la quercetina y su coexposición con el BPA sobre las células cancerosas no hay evidencia hasta el momento que sustenten los posibles mecanismos de acción que conlleven al arresto del ciclo celular en la fase S. Por otro lado, la muerte celular por necrosis de las células sometidas a los tratamientos con quercetina y su coexposición con el BPA se ha visto dependiente de la concentración y del tiempo de exposición. En una investigación se determinó que una concentración de 100µM de quercetina y bajo la exposición de 24h en células HT-29, se obtuvo un porcentaje aproximado del 5% de muerte por citotoxicidad (figura 4) (Kim et al., 2014); además observaron que el porcentaje de muerte celular era dependiente de la concentración y del tiempo de exposición. Finalmente, los procesos anteriormente estudiados podrían ser el resultado de la modulación de genes que promuevan el arresto al ciclo celular y apoptosis por tratamiento con quercetina y su extracto fermentado y su coexposición con BPA. O por otra parte, observarse progresión del ciclo celular y mecanismos antiapoptóticos bajo tratamiento con BPA. Estudios han demostrado que la quercetina es un inhibidor de varias proteínas cinasas importantes para la progresión del ciclo celular, debido a la presencia de grupos hidroxilo que hay en su molécula (Aligiannis, et al., 2001). Aunado a esto también se ha observado que este flavonoide regula la actividad de genes y proteínas antiapoptóticas de la familia de Bcl-2 en partícula a MCL-1. En un estudio realizado por Spagnuolo y col. (2011), encontraron que el uso de la quercetina provocó la muerte apoptótica de células B aisladas de pacientes con leucemia linfocítica crónica, por medio de la regulación negativa de MCL-1 aumentando la inestabilidad de su ARNm. Además, la quercetina podría estar disminuyendo la viabilidad celular observada en este estudio por medio de la regulación a la baja de MYC y KRAS, los cuales se muestran alterados en la línea celular HT29 y, por tanto, le confieren a la célula mayor capacidad proliferativa. Esta expresión negativa de KRAS inclusive se mantuvo con el tratamiento de Quercetina y BPA. Por otro lado, el BPA tuvo el efecto contrario a la quercetina, debido a que promovió el aumento de la expresión de BRCA1, el cual es un gen supresor de tumores que tras su alteración podría acelerar la

proliferación celular. Estos resultados son similares a lo reportado por Jones et al., (2010), quienes observaron que la pérdida de BCRA1 mejora la proliferación celular inducida por BPA *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo, el BPA a la concentración de 4.4µM no promovió el aumento de la viabilidad celular en este estudio por lo que es necesario realizar ensayos de proliferación celular. En cuanto al extracto fermentado de la quercetina y su coexposición con BPA, estos regularon el gen KRAS y TNF posiblemente, por la presencia tanto de la quercetina como de sus metabolitos aún no evaluados. Al no observarse en la quercetina pura la regulación de los genes que inhiben el ciclo celular como GML y MYOD1, o que promuevan la apoptosis como FASLG, TP53AIP1, TP63, se sugiere que posiblemente los metabolitos de la quercetina y esta misma, dentro del extracto, podrían estar actuando sinérgica o antagónicamente para activar vías de señalización que promuevan tanto el arresto al ciclo celular observado en este estudio, así como apoptosis que será evaluada posteriormente.

Se concluye que el efecto anticancerígeno de quercetina y extracto fermentado, medido por los procesos viabilidad celular, necrosis, arresto al ciclo celular, se sostiene incluso en presencia del BPA en células HT-29. Además, la quercetina y su extracto fermentado podría estar modulando diferentes genes involucrados en vías de señalización que desencadenen procesos como el arresto al ciclo celular y posterior muerte en su mayoría apoptótica. Estos resultados permiten continuar con estudios moleculares y poder esclarecer los mecanismos protectores de este fitoquímico y su extracto fermentado en células de cáncer de colon sometidas a BPA.

Referencias bibliográficas

Aligiannis, N., Mitaku, S., Mitrocotsa, D., & Leclerc, S. (2001). *Flavonoids as Cycline-Dependent Kinase Inhibitors: Inhibition of cdc 25 Phosphatase Activity by Flavonoids Belonging to the Quercetin and Kaempferol Series. Planta Medica, 67(5), 468–470.* doi:10.1055/s-2001-15807

Braun, J. M., Kalkbrenner, A. E., Calafat, A. M., Bernert, J. T., Ye, X., Silva, M. J., Barr, D. B., Sathyanarayana, S., & Lanphear, B. P. (2011). Variability and Predictors of Urinary Bisphenol A Concentrations during Pregnancy. *Environmental Health Perspectives*, *119*(1), 131-137. https://doi.org/10.1289/ehp.1002366

Buer, C. S., Imin, N., & Djordjevic, M. A. (2010). Flavonoids: New Roles for Old Molecules. *Journal of Integrative Plant Biology*, *52*(1), 98-111. https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00905.x

Bulzomi, P., Galluzzo, P., Bolli, A., Leone, S., Acconcia, F., & Marino, M. (2012). The pro-apoptotic effect of quercetin in cancer cell lines requires ERβ-dependent signals. *Journal of Cellular Physiology*, *227*(5), 1891-1898. https://doi.org/10.1002/jcp.22917

Campbell-Thompson, M., Lynch, I. J., & Bhardwaj, B. (2001). Expression of Estrogen Receptor (ER) Subtypes and ERβ Isoforms in Colon Cancer. *Cancer Research*, *61*(2), 632-640.

Chen, Z.-J., Yang, X.-L., Liu, H., Wei, W., Zhang, K.-S., Huang, H.-B., Giesy, J. P., Liu, H.-L., Du, J., & Wang, H.-S. (2015). Bisphenol A modulates colorectal cancer protein profile and promotes the metastasis via induction of epithelial to mesenchymal transitions. *Archives of Toxicology*, *89*(8), 1371-1381. https://doi.org/10.1007/s00204-014-1301-z

Diamanti-Kandarakis, E., Bourguignon, J.-P., Giudice, L. C., Hauser, R., Prins, G. S., Soto, A. M., Zoeller, R. T., & Gore, A. C. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: An Endocrine Society scientific statement. *Endocrine Reviews*, *30*(4), 293-342. https://doi.org/10.1210/er.2009-0002

Geens, T., Goeyens, L., & Covaci, A. (2011). Are potential sources for human exposure to bisphenol-A overlooked? *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *214*(5), 339-347. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.04.005

González-Torres, M. C. (2000). *Daño Oxidativo y Antioxidantes*. *25*(1), 8.

Hwang, K.-A., Kang, N.-H., Yi, B.-R., Lee, H.-R., Park, M.-A., & Choi, K.-C. (2012). Genistein, a soy phytoestrogen, prevents the growth of BG-1 ovarian cancer cells induced by 17β-estradiol or bisphenol A via the inhibition of cell cycle progression. *International journal of oncology*, *42*. https://doi.org/10.3892/ijo.2012.1719

Izaguirre, M. M., Mazza, C. A., Biondini, M., Baldwin, I. T., & Ballaré, C. L. (2006). Remote sensing of future competitors: Impacts on plant defenses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(18), 7170-7174. https://doi.org/10.1073/pnas.0509805103

Jones, L. P., Sampson, A., Kang, H. J., Kim, H. J., Yi, Y.-W., Kwon, S. Y., … Bae, I. (2010). *Loss of BRCA1 leads to an increased sensitivity to Bisphenol A. Toxicology Letters, 199(3), 261–268.* doi:10.1016/j.toxlet.2010.09.008

Kim, G. T., Lee, S. H., Kim, J. I., & Kim, Y. M. (2014). Quercetin regulates the sestrin 2-AMPK-p38 MAPK signaling pathway and induces apoptosis by increasing the generation of intracellular ROS in a p53-independent manner. *International Journal of Molecular Medicine*, *33*(4), 863-869. https://doi.org/10.3892/ijmm.2014.1658

Lóránd, T., Vígh, E., & Garai, J. (2010). Hormonal action of plant derived and anthropogenic non-steroidal estrogenic compounds: Phytoestrogens and xenoestrogens. *Current medicinal chemistry*. https://doi.org/10.2174/092986710792927813

Nikolić, I., Savić-Gajić, I., Tačić, A., & Savić, I. (2017). Classification and biological activity of phytoestrogens: A review. *Advanced Technologies*, *6*(2), 96-106. https://doi.org/10.5937/savteh1702096N

Shanle, E. K., & Xu, W. (2011). Endocrine disrupting chemicals targeting estrogen receptor signaling: Identification and mechanisms of action. *Chemical Research in Toxicology*, *24*(1), 6-19. https://doi.org/10.1021/tx100231n

Shanle, E. K., & Xu, W. (2011). Endocrine disrupting chemicals targeting estrogen receptor signaling: Identification and mechanisms of action. *Chemical Research in Toxicology*, *24*(1), 6-19. https://doi.org/10.1021/tx100231n

Shi, T., Zhao, C., Li, Z., Zhang, Q., & Jin, X. (2016). Bisphenol a exposure promotes the migration of NCM460 cells via estrogen receptor-mediated integrin β1/MMP-9 pathway. *Environmental Toxicology*, *31*(7), 799-807. https://doi.org/10.1002/tox.22090

Serra A, Macià A, Romero MP, Reguant J, Ortega N, Motilva MJ. (2012). Metabolic pathways of the colonic metabolism of flavonoids (flavonols, flavones and flavanones) and phenolic acids. Food Chem. Jul;130(2):383–393.

Spagnuolo, C., Cerella, C., Russo, M., Chateauvieux, S., Diederich, M., & Russo, G. L. (2011). *Quercetin downregulates Mcl-1 by acting on mRNA stability and protein degradation. British Journal of Cancer, 105(2), 221–230.* doi:10.1038/bjc.2011.229

Van Landuyt, K. L., Nawrot, T., Geebelen, B., De Munck, J., Snauwaert, J., Yoshihara, K., Scheers, H., Godderis, L., Hoet, P., & Van Meerbeek, B. (2011). How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, *27*(8), 723-747. https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.05.001

Vandenberg, L. N., Maffini, M. V., Sonnenschein, C., Rubin, B. S., & Soto, A. M. (2009). Bisphenol-A and the great divide: A review of controversies in the field of endocrine disruption. *Endocrine Reviews*, *30*(1), 75-95. https://doi.org/10.1210/er.2008-0021

Verkasalo, P. K., Appleby, P. N., Allen, N. E., Davey, G., Adlercreutz, H., & Key, T. J. (2001). Soya intake and plasma concentrations of daidzein and genistein: Validity of dietary assessment among eighty British women (Oxford arm of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition). *The British Journal of Nutrition*, *86*(3), 415-421. https://doi.org/10.1079/bjn2001424

Yang, L., Liu, Y., Wang, M., Qian, Y., Dong, X., Gu, H., Wang, H., Guo, S., & Hisamitsu, T. (2016). Quercetin-induced apoptosis of HT-29 colon cancer cells via inhibition of the Akt-CSN6-Myc signaling axis. *Molecular Medicine Reports*, *14*(5), 4559-4566. https://doi.org/10.3892/mmr.2016.5818

Prevalencia de una mala higiene del sueño en adultos mayores con insomnio.

Autoría:

Autor: José Rafael González Mendoza.
Residente de la especialidad en Medicina Familiar.
Unidad de adscripción: UMF N°16 IMSS QUERETARO.
Matricula: 99239821
Teléfono: 2411089818
Correo electrónico: rg22345@gmail.com

Asesor: Alma Concepción Lara Contreras.
Especialista en Medicina Familiar.
Matricula: 99237092
Celular: 4431991761
Correo electrónico: dralmalara©Gmail.com

Resumen

Se estimó la prevalencia de una mala higiene del sueño en 217 adultos mayores con insomnio que acudieron a la unidad de Medicina Familiar N° 16 delegación Querétaro. Se estableció el diagnostico de insomnio con la aplicación de la escala Atenas de insomnio; posteriormente para determinar la prevalencia de una mala higiene del sueño se aplicó el índice de higiene del sueño modificado para adultos. Los resultados indicaron que la prevalencia de una mala higiene del sueño en adultos mayores con insomnio es de 40.1%., la cual es estadísticamente diferente a lo reportado en la literatura. Dentro de la población estudiada: el estado civil con mayor frecuencia fue el casado/a con un 69.12% (150), de los cuales el 39.3% (59) presentaron mala higiene de sueño, el sexo predominante fue el masculino con un 52% (113), de los cuales el 38.9% (44) manifestó una mala higiene de sueño. La escolaridad que mostro mayor prevalencia fue preparatoria con un 30.41% (66) de los cuales el 48.4% (32) mostró una mala higiene del sueño.

Con los resultados anteriores se estima que el 40.1% de los adultos mayores con insomnio presentan una mala higiene del sueño. Lo cual remarca el aspecto multicausal del insomnio. Y de la misma forma advierte que el abordaje terapéutico debe abarcar un tratamiento farmacológico y no farmacológico; y no limitarse solo a uno de estos.

Palabras clave: Insomnio; Higiene del sueño; adultos mayores; Prevalencia.

Summary

The prevalence of poor sleep hygiene was estimated in 217 older with insomnia who attended the Family Medicine Unit No. 16, Querétaro delegation. The diagnosis of insomnia was established with the application of the Athens insomnia scale; subsequently, to determine the prevalence of poor sleep hygiene, the modified sleep hygiene index for adults was applied. The results indicated that the prevalence of poor sleep hygiene in the elder with insomnia is 40.1%.
Which is statistically different from what is reported in the literature. Within the population studied: the most frequent civil status was married with 69.12%, of which 27.18% had poor sleep hygiene, the predominant sex was male with 52%, of which 20.27 % manifested poor sleep hygiene. The schooling that showed the highest prevalence was high scool with 30.41% of which 14.74% showed poor sleep hygiene.
With the above results, it is estimated that 40.1% of the older with insomnia have poor sleep hygiene. Which highlights the multicausal aspect of insomnia. And in the same way, it warns that the therapeutic approach must include pharmacological and non-pharmacological treatment; And don't limit to just one of these.

Key words: Insomnia; Sleep hygiene; older; Prevalence.

Introducción

El insomnio se define como “una dificultad persistente en el inicio del sueño, duración, consolidación o calidad que ocurre a pesar de la existencia de condiciones adecuadas para llevarlo a cabo” Venebra, et al , (2015). El insomnio puede ocurrir aisladamente o con otras condiciones mórbidas como alteración mental, enfermedades médicas o uso de sustancias. Bonnet, et al, (2010) afirma “ En algunos casos hay una causa identificable que puede actuar como causa precipitante y en otros casos ocurre episódicamente coincidiendo con factores precipitantes”.

Hablando de prevalencia Valera, et al, (2010) afirma “el insomnio es la alteración del sueño más común entre los adultos mayores”. En cuanto al tratamiento Martinez, et al, (1997) nos dice “en el adulto mayor deberá incluir al menos uno de los siguientes tratamientos: no farmacológico (Higiene del sueño, terapia cognitiva) y farmacológicos (antihistamínicos, benzodiacepinas)”. Estos últimos se encargan de eliminar la sintomatología, mientras que los primeros promueven el sueño eliminando los posibles hábitos que causas el insomnio.
Es relevante estudiar la higiene de sueño, ya que entre las causas que con más frecuencia originan insomnio se incluyen las debidas a una mala higiene del sueño.(Medina, et al, (2014).

Objetivo: Determinar la prevalencia de una mala higiene del sueño en adultos mayores con insomnio.

Metodología

Diseño de la investigación: Estudio transversal descriptivo.

La selección de la muestra fue por conveniencia, y estuvo constituida, por adultos mayores que firmaron el consentimiento informado y que posterior a la aplicación de la escala Atenas de insomnio obtuvieran una puntuación igual o mayor a 6 diagnosticándolos con insomnio, para obtener el tamaño de muestra de 217 adultos mayores con insomnio (113 masculinos y 104 femeninos) que acudieron a la Unidad Medica Familiar 16 IMSS Querétaro, con una media de 70 años, con un rango de edad de 60 a 70 años.
Fueron excluidos los adultos mayores con insomnio que padecieran deterioro cognitivo que impidiera la auto aplicación de los cuestionarios.

Posteriormente se les pidió contestar el índice de higiene del sueño modificada para adultos para determinar si contaban con una mala higiene del sueño.

Los instrumentos aplicados fueron:

Escala Atenas de Insomnio, que de acuerdo a Nenclares et al (2005).

> Cuenta con un alfa de Cronbach de 0.89.
> Consta de ocho reactivos en donde las preguntas del 1-4 valoran el dormir cuantitativamente, es decir la cantidad de sueño percibido por el adulto mayor, en relación al tiempo para iniciar el sueño, duración del sueño, hora del despertar.
> La pregunta 5: evalúa la calidad del dormir, es decir si está satisfecho con lo que durmió.
> Las pregunta de 6-8: evalúa el impacto diurno. Es decir que consecuencias presenta durante el día atribuidas al sueño que tuvo la noche previa.
> Los reactivos se responden en una escala de 0-3, cero significa ausencia de problemas y tres la mayor severidad, la calificación total se obtiene de la suma de las calificaciones en cada reactivo, con un rango de 0 a 24.
> Puntuación de 6 o más = insomnio.
> Puntuación menor a 6 = Sin insomnio.

Para determinar la higiene del sueño se utilizó el índice de higiene del sueño que de acuerdo a valera, et, al, (2010).

Índice de higiene del sueño modificado para adultos consta de diez preguntas de realización individual, que busca evaluar la presencia de comportamientos que se han identificado como irruptores de la higiene de sueño. A los sujetos se les pide que indiquen cuán frecuentemente incurren en comportamientos específicos (siempre, frecuentemente, alguna vez, raramente, nunca) asignando un
valor de 4 a 0 respectivamente.
Los puntajes de cada componente se suman obteniendo una evaluación global de la higiene de sueño. Se considera una buena higiene del sueño con puntuación de 0-19 y mala higiene del sueño con puntuación de 20-40. Posee un lenguaje de fácil lectura y una puntuación simple al momento de analizar las respuestas, así como una confiabilidad aceptable determinada por un alfa de Cronbach de 0.7.

Técnicas para el procesamiento de la información: La información obtenida a través de los cuestionarios mencionados se transfirió a una
base de datos en el programa Microsoft Excel 2010 y fueron analizados utilizando el software SPSS Statistics 17.0. Se empleó estadística descriptiva (mediana, valores extremos y porcentajes).

Resultados

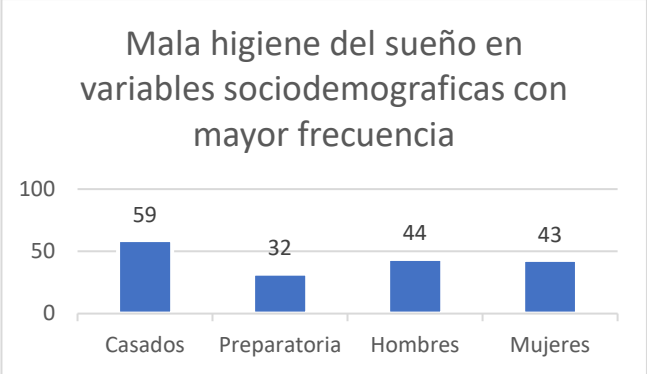
Este estudio se incluyeron 217 adultos mayores con insomnio. La mediana de la edad de los adultos mayores fue de 70 (mínimo 60 y
máximo de 98 años). El 52% (113) de asistentes fue de sexo masculino y el 48% (104) del sexo femenino.

Dentro de la población estudiada: el estado civil con mayor frecuencia fue el casado/a con un 69.12% (150), de los cuales el 39.3% (59) presentaron mala higiene de sueño, el sexo predominante fue el masculino con un 52% (113), de los cuales el 38.9% (44) manifestó una mala higiene de sueño. La escolaridad que mostro mayor prevalencia fue preparatoria con un 30.41% (66) de los cuales el 48.4% (32) mostró una mala higiene del sueño. Ver gráfico 1 y 2.

Tabla 1. Variables sociodemográficas

		Porcentaje (%)	
Variable	Total	Mujeres	Hombres
Estado civil			
Soltero/a	32 (14.75%)	25 (78.12%)	7 (21.87%)
Casado/a	150 (69.12%)	69 (46%)	81 (54%)
Viudo/a	22 (10.14%)	8 (36.36%)	14 (63.63%)
Divorciado/a	13 (5.99%)	2 (15.38%)	11 (84.61%)
Total	217 (100%)		
Escolaridad			
Primaria	44 (20.27%)	21 (47.72%)	23 (52.27%)
Secundaria	59 (27.18%)	33 (55.93%)	26 (44.06%)
Preparatoria	66 (30.41%)	30 (45.45%)	36 (54.54%)
Licenciatura	41 (18.89%)	14 (34.14%)	27 (65.85%)
Maestría	1 (0.46%)	0 (0%)	1 (100%)
Analfabeta	6 (2.76%)	6 (100%)	0 (0%)
Total	217 (100%)		

Gráfico 1. Prevalencia de una mala higiene del sueño en las variables sociodemográficas con mayor frecuencia.



Separando la prevalencia de una mala higiene del sueño por sexo, encontramos que los hombres la presentan en 38.9% (44), y que las mujeres la presentaron en un 41.3% (43).

Se observando la prevalencia de los hombres con mala higiene del sueño en relación con el estado civil y escolaridad en las siguientes graficas 2 y 3.

Grafico 2. Hombres con mala higiene del sueño y escolaridad.

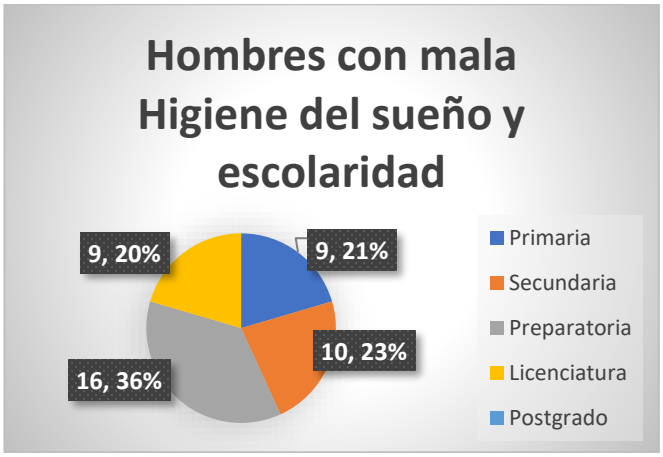
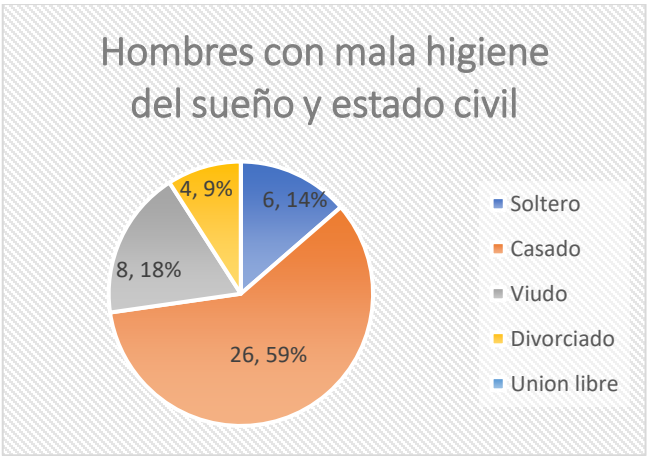
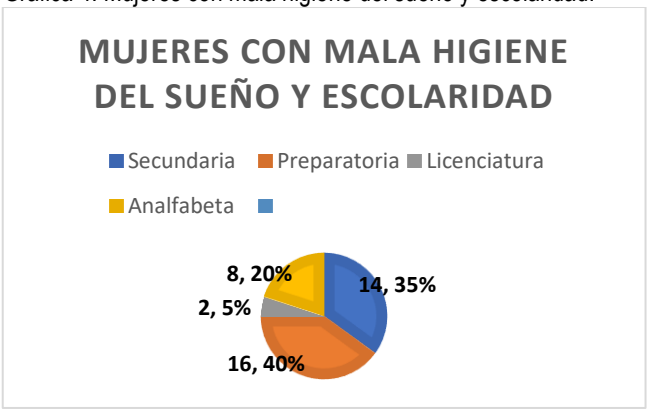


Gráfico 3. Hombres con mala Higiene del sueño y estado civil.



En cuanto a las mujeres la pauta es similar, como se puede observar el las siguientes graficas 4 y 5.

Grafica 4. Mujeres con mala higiene del sueño y escolaridad.



Grafica 5. Mujeres con mala higiene del sueño y estado civil.



Discusión y conclusiones

La presente investigación encontró una prevalencia similar de una mala higiene del sueño tanto en hombres como en mujeres, lo que difiere de la literatura encontrada, de acuerdo a Ganoza, et, al, 2018, ya que en esta se reporta una distribución mayor en mujeres a consecuencia de que acuden con mayor frecuencia a centros de salud.

La mala higiene del sueño se presento con mayor prevalencia en la escolaridad preparatoria y en los casados, lo anterior es similar a lo reportado por Ganoza, et, al, 2018, al ser estas las variables sociodemográficas más frecuentes en nuestro medio.

Aunque la principal causa de insomnio es la mala higiene del sueño, en este estudio no se encontró una mayor prevalencia. Como lo sugiere Ganoza, et, al, 2018.

Lo cual remarca el aspecto multicausal del insomnio. Y de la misma forma advierte que el abordaje terapéutico debe abarcar un tratamiento farmacológico y no farmacológico; y no limitarse solo a uno de estos.

Referencias bibliográficas

Venebra, A., Garcia, J., y Garcia, F. (2015). Trastornos del dormir. *Rev Med UV*, *6,*18-28. Recuperado de: https://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2006/muv062d.pdf

Bonnet, MH., Arand, DL. (2010). Hyperarousal and insomnia: State of science. *Sleep Med*, 4:9-15.

Valera, L., Tello, T., y Ortiz, J. (2010). Valoración de la higiene del sueño mediante una escala modificada en adultos mayores. *Acta Med Per*, *27 (4),* 233-237.

Medina, J., Fuentes, S., Gil, I., y Adame, L. (2014). Guía de práctica clínica: Diagnóstico y tratamiento del insomnio en el adulto mayor. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, *52 (1)*,108-119. Recuperado de: https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2014/im141v.pdf

Nenclares, A., Jimenez, T. (2005). Estudio de validación de la traducción al español de la Escala Atenas de Insomnio. *Salud Mental, 28 (5)*, 34-39.

Martinez, A., Levario, C. (1997). Eficacia de las medidas de Higiene del Sueño en el Tratamiento del Insomnio*. Gac Med Mex, 133(1)*, 3-6. Recuperado de: http://www.anmm.org.mx/bgmm/1864_2007/1997-133-1-3-6.pdf

Ganoza, M., Gonzalez, M., Leguia., J. (2018) Calidad e higiene del sueño en asistentes al centro del adulto mayor de EsSalud Chiclayo,perú. *Rev hisp cienc salud*,*3(3),* 79-85.

Efectos adversos posvacunación Covid-19 de Pfizer/BioNTech.

Autor principal y contacto:

Ricardo Hernández Medina. Residente de segundo año de medicina familiar en la UMF 16 IMSS. Teléfono 7821729661 Correo: ricardo020592@hotmail.com

Coautores:

Enrique Villarreal Ríos. Especialista en Medicina Familiar y maestría en ciencias. Director de la Unidad de Investigación Epidemiológica y en Servicios de Salud IMSS Querétaro.Teléfono: 4421215116 Correo: enriquevillarrealrios@gmail.com

Liliana Galicia Rodríguez. Maestría en administración de sistemas de salud. Investigadora de la Unidad de Investigación Epidemiológica y en Servicios de Salud IMSS. Teléfono: 4424090616 Correo: liliana.galicia@imss.gob.mx

Emma Rosa Vargas Daza. Maestría en gerontología social. Investigadora de la Unidad de Investigación Epidemiológica y en Servicios de Salud IMSS. Teléfono: 4424090616 Correo: dazamgsa@yahoo.com.mx

Karla Elizabeth Margain Pérez. Especialista en medicina familiar, Operativa de la UMF 9 IMSS. Teléfono: 3310390081 Correo: Dra.elizabethmargain@gmail.com

Resumen

Objetivo: comparar la incidencia de los efectos adversos entre la primera y segunda dosis de la vacuna Pfizer/BioNTech en personal de salud. **Material y métodos:** estudio transversal analítico en trabajadores de salud que recibieron la primera y segunda dosis de la vacuna COVID-19 de Pfizer/BioNTech. La muestra fue de 540 pacientes. la comparación del promedio de síntomas en la primera y segunda dosis se realizó con la prueba de Wilcoxon para dos poblaciones. **Resultados:** los síntomas locales fueron estadísticamente diferentes entre la primera y la segunda dosis (Wilcoxon = 2,78, p = 0,005). El promedio de síntomas sistémicos en la primera dosis fue estadísticamente superior en los pacientes con antecedente de COVID-19 que en aquellos que no lo presentaron (Mann-Withney = 4,36, p = 0,006). **Conclusión:** hubo diferencia en la sintomatología local, siendo mayor en la primera dosis. Los pacientes con antecedente de COVID-19 tienen una mayor expresión de síntomas sistémicos tras la primera dosis.

Abstract

Objective: compare the incidence of adverse effects between the first and second doses of the Pfizer/BioNTech vaccine in health workers. **Material and methods:** analytical cross-sectional study in health workers who received both doses of the COVID-19 vaccine from Pfizer/BioNTech. The sample consisted of 540 patients. The comparison of symptoms in the first and second doses was carried out with the Wilcoxon test for two populations. **Results:** the local symptoms were different between first and second doses (Wilcoxon = 2,78, p = 0,005). The average number of systemic symptoms in the first dose was higher in patients with a history of COVID-19 than in those who did not present it (Mann-Withney = 4,36, p = 0,006). **Conclusion:** there was a difference in local symptoms, being greater in the first dose. Patients with a history of COVID-19 have a higher expression of systemic symptoms after the first dose.

Palabras clave: vacunación, covid, adversos.

Keywords: vaccination, covid, adverse.

Introducción

En México el primer caso confirmado de síndrome respiratorio agudo grave coronavirus 2

(SARS-CoV-2) fue el día 28 de febrero de 2020. Posteriormente en marzo del mismo año, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró un estado de pandemia por enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19), iniciando con esto las investigaciones para la creación de la vacuna que pudiera controlar y erradicar el virus. En el mes de marzo 2020 comenzó la elaboración de la vacuna Pfizer/BioNTech de Estados Unidos de América y Alemania con base en una molécula genética de ARN mensajero (RNAm) siendo autorizada en un estado de emergencia para su aplicación inmediata el 2 de diciembre del mismo año (Rodriguez et al).

Esta vacuna se administra por vía intramuscular, el esquema de vacunación consta de dos dosis con intervalo de 21 días mínimo entre cada una. Cada dosis consta de 0.3 ml del contenido diluido del vial, no se dispone de información sobre la intercambiabilidad de la vacuna Pfizer/BioNTech con otras vacunas para completar el esquema de vacunación, así que las personas que reciban una dosis de la vacuna Pfizer/BioNTech necesariamente deben recibir la segunda dosis del mismo proveedor para completar el esquema (Pfizer).

La vacuna provoca una respuesta inmune al antígeno S, que protege en contra de COVID-19 con mecanismos de producción de anticuerpos, con marcadores directos sobre el mismo virus y eliminando células ya infectadas (Rodriguez et al). Se observa que en una segunda dosis de la vacuna los linfocitos de memoria específicos para el antígeno son mucho mas numerosos que los que se generan tras la primera inmunización. En consecuencia los niveles de anticuerpos generados por los linfocitos B son sustancialmente mayores que los alcanzados tras la inmunización primaria, estos secretan anticuerpos con una relación marcadamente mayor debido al proceso de maduración de afinidad, generando una respuesta efectora rápida en la periferia (efectos advesos locales), así como la presentación de efectos adversos de origen inmunológico de mayor intensidad y precipitación (efectos adversos sistemicos) en comparación con la primer aplicación (Eseverri et al).

Las reacciones adversas que se han reportado en ambas dosis de la vacuna para COVID-19 de Pfizer/BioNTech son: dolor en el lugar de la aplicación, fatiga, cefalea, dolor muscular, escalofríos, dolor articular, fiebre, edema en el lugar de la aplicación, eritema en el lugar de la aplicación, náuseas, malestar general y linfadenopatía. También se tienen reportadas reacciones alérgicas graves posteriores a la administración de la vacuna en los cuales se incluyen los siguientes: dificultad para respirar, edema de la cara, espasmo en garganta, taquicardia, grave eritema en el cuerpo, mareos y debilidad (Pfizer et al).

Al mes de marzo del 2021 se tiene un registro de 753,038 personas del área de la salud que recibieron la primera dosis de la vacuna y 565,423 la segunda dosis, y un total de 9,411 eventos supuestamente atribuibles a vacunación e inmunización (ESAVI) por esta vacuna (Eseverri et al).

Es así que el presente artículo tiene como objetivo comparar la incidencia entre los efectos adversos entre la primera y la segunda dosis de la vacuna Pfizer/BioNTech en el personal de la salud.

Material y métodos

Se realizó un diseño transversal analítico en trabajadores de la salud que recibieron la primera y la segunda dosis de la vacuna COVID-19 de Pfizer/BioNTech, el lugar de estudio fue una institución de seguridad social de la ciudad de Querétaro, México, de enero a febrero del 2021.

Se identificaron dos grupos, el primero integrado por todas aquellas personas que recibieron la primera dosis de la vacuna COVID-19 y el segundo grupo esta misma población después de recibir la segunda dosis de la vacuna.

Se incluyó a todo el personal de salud de 18 a 55 años que recibió las dos dosis de la vacuna, que aceptaron participar en el estudio y firmaron el consentimiento informado.

El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula de porcentajes para dos poblaciones, con nivel de confianza del 95% para una zona de rechazo ($Z\alpha$=1,64), poder de la prueba de 80% ($Z\beta$=0,84), asumiendo que en la primera dosis el 83% presentaron síntomas locales (p_0=0,83) y en la segunda dosis 77% presentaron síntomas locales (p_1=0,77). El total de muestra calculado fue 540 sujetos.

La técnica muestral fue no aleatoria por casos consecutivos empleando como marco muestral el listado de trabajadores de la salud que recibieron la aplicación de la vacuna.

Las variables estudiadas incluyeron características sociodemográficas entre ellas edad, sexo, escolaridad, estado civil y ocupación. Los efectos adversos a la aplicación de la vacuna se dividieron en locales y sistémicos, fueron identificados por el entrevistado y se evaluó su aparición en el lapso comprendido desde la aplicación de la vacuna hasta los primeros siete días. Los síntomas locales incluyeron dolor, enrojecimiento e inflamación en el sitio de la aplicación. Los síntomas sistémicos contemplaron cefalea, fiebre, fatiga, escalofríos, dolor muscular y dolor articular. Se identificó el promedio de síntomas locales y sistémicos y también se midió el antecedente de COVID-19 diagnosticado por reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

El plan de análisis estadístico incluyó promedios, intervalo de confianza para promedios, porcentajes e intervalo de confianza para porcentajes. La incidencia de la sintomatología en la primera y segunda dosis se comparó con intervalos de confianza para dos porcentajes y la prueba de z para dos porcentajes; la comparación del promedio de síntomas en la primera y segunda dosis se realizó con la prueba de Wilcoxon para dos poblaciones ya que previo a la aplicación se comprobó la no normalidad de la distribución de la variable en la primera dosis, síntomas locales KW=6,27, p= 0,000; síntomas sistémicos KW=3,50, p=0,000 y en la segunda dosis síntomas locales KW=5,45, p=0,000; síntomas sistémicos KW=3,78, p=0,000.

La comparación del promedio de síntomas en pacientes con y sin antecedente de COVID-19, se realizó con la prueba de Mann Whitney debido a que en los pacientes con antecedente de COVID-19 el número de síntomas locales no presentó distribución normal (KW=3,10, p=0,000), tampoco se presentó normalidad en los pacientes sin antecedente de COVID-19 (KW=5,46, p=0,000). Este mismo comportamiento se observó para el número de síntomas sistémicos en pacientes con antecedente de COVID-19 (KW=1,67, p=0,007) y en pacientes sin antecedente de COVID-19 (KW=3,37, p=0,000).

Para recolectar la información se identificó al personal con antecedente de vacunación y se acudió intencionadamente al servicio en el que estaban laborando, se solicitó la autorización para aplicar la encuesta con firma del consentimiento informado y con la información recabada se construyó la base de datos.

El protocolo fue autorizado por el Comité de Investigación y el Comité de Ética en Investigación de la institución de Seguridad Social.

Resultados

El promedio de edad de la población estudiada es 34,65 años (IC 95%; 33,68-35,68), predomina el sexo femenino con 74,4% (IC 95%; 69,9-79,0), la escolaridad licenciatura o más con 65,1% (IC 95%; 60,1-70,1), la población sin pareja con 58,6% (IC 95%; 53,4-63,8).

El promedio de síntomas locales en la primera dosis es 1,22 (IC 95%; 1,14-1,30) y en la segunda dosis 1,10 (IC 95% 1,01-1,18), diferencia estadísticamente significativa, con valores más altos en la primera dosis (Wilcoxon=2,78, p=0,005). En la primera y segunda dosis

predominó la presencia de un síntoma con 59,1% (IC 95%; 53,9-64,3) en la primera dosis y 51,7% (IC 95%; 46,5-56,9) en la segunda dosis. En el cuadro I se presenta la incidencia por número de síntomas.

Cuadro I. incidencia en el número de síntomas locales en la primera y segunda dosis de la vacuna pfizer/biontech.

Número de síntomas	Primera dosis			Segunda dosis		
	Porcentaje	IC 95%		Porcentaje	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
Ninguno	12,9	9,4	16,4	22,7	18,3	27,1
Uno	59,1	53,9	64,3	51,7	46,5	56,9
Dos	20,9	16,6	25,2	18,4	14,3	22,5
Tres	7,1	4,4	9,8	7,2	4,5	9,9

IC: intervalo de confianza

En la primera dosis el promedio de síntomas sistémicos fue 1,66 (IC 95%; 1,49-1,83) y en la segunda dosis 1,77 (IC 95%; 1,57-1,96), valores estadísticamente no significativos (Wilcoxon=1,01, p= 0,312). En la primera y en la segunda dosis la ausencia de síntomas fue la predominante 32,3% (IC 95%; 27,4-37,2) y 34,5% (IC 95%; 29,5-39,5) respectivamente en cada dosis. En el cuadro II se presenta la incidencia por el número de síntomas.

Cuadro II. Incidencia en el número de síntomas sistémicos en la primera y segunda dosis de la vacuna pfizer/biontech.

Número de síntomas	Primera dosis			Segunda dosis		
	Porcentaje	IC 95%		Porcentaje	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
Ninguno	32,3	27,4	37,2	34,5	29,5	39,5
Uno	20,6	16,4	24,8	19,5	15,3	23,7
Dos	20,0	15,8	24,2	15,8	12,0	19,6
Tres	12,3	8,9	15,7	11,8	8,4	15,2
Cuatro	8,0	5,2	10,8	8,3	5,4	11,2
Cinco	3,1	1,3	4,9	3,2	1,4	5,0
Seis	3,7	1,7	5,7	6,9	4,2	9,6

IC: intervalo de confianza

El comportamiento de la sintomatología local fue estadísticamente diferente para el dolor en el lugar de la aplicación entre la primera y la segunda dosis, en la primera la incidencia es 85,9% (IC 95%; 81,9-89,9) y en la segunda 75,8% (IC 95%; 70,9-80,7); el edema y el enritema no presentaron diferencias estadísticas. En el cuadro III se presenta la información.

Cuadro III. Incidencia de los síntomas locales por tipo de síntoma entre la primera y la segunda dosis de la vacuna pfizer/biontech.

Síntoma	Incidencia (porcentaje)				Z	p
	Primera dosis	IC 95%	Segunda dosis	IC 95%		
Dolor en el sitio de aplicación	85,0	(81,2-88,8)	75,0	(70,4-79,5)	3,33	0,000
Edema	26,9	(22,3-31,5)	25,0	(20,5-29,5)	0,30	0,382
Eritema	10,3	(7,1-13,5)	10,1	(6,9-13,3)	0,09	0,466

IC: intervalo de confianza

En cuanto a la sintomatología sistémica no se demostró diferencia estadísticamente significativa, sin embargo la incidencia de la fatiga fue 47.1% (IC 95%; 41,9-52,3) en la primera aplicación y 47,4% (IC 95%; 42,2-52,6) en la segunda aplicación; la cefalea también presentó incidencia superior al 40%, en la primera aplicación 41,1% (IC 95%; 35,9-46,3) y 36.5% (IC 95%; 31,5-41,5) en la segunda aplicación. En el cuadro IV se presenta la incidencia del resto de los síntomas sistémicos.

Cuadro IV. incidencia de los síntomas sistémicos por tipo de síntoma entre la primera y la segunda dosis de la vacuna pfizer/biontech.

Síntoma	Incidencia (porcentaje)				Z	p
	Primera dosis	IC 95%	Segunda dosis	IC 95%		
Fatiga	47,1	(41,9-52,3)	47,4	(42,2-52,6)	0,08	0,468
Cefalea	41,1	(35,9-46,3)	36,5	(31,5-41,5)	1,25	0,105
Dolor muscular	30,9	(26,1-35,7)	35,6	(30,6-40,6)	1,32	0,093
Dolor articular	19,4	(15,3-23,5)	23,0	(18,6-27,4)	1,17	0,121
Escalofrío	15,4	(11,6-19,2)	18,1	(14,1-22,1)	0,96	0,168
Fiebre	13,4	(9,8-17,0)	16,4	(12,5-20,3)	1,12	0,111

IC: intervalo de confianza

El promedio de síntomas locales en la primera dosis en pacientes con y sin antecedentes de COVID-19 no fue estadísticamente significativo

(Mann-Whitney=1,39, p=0,163) y el promedio de síntomas sistémicos en la primera dosis fue estadísticamente superior en los pacientes con antecedente de COVID-19 que en aquellos que no lo presentaron (Mann-Withney= 4,36, p=0,006). En el cuadro V se presenta la información y el resto de los resultados.

Cuadro V. Promedio de síntomas locales y sistémicos con y sin antecedente de covid-19.

Síntomas	COVID-19	NO COVID-19	Mann-whitney	p
Síntomas locales 1				
Promedio	1,31	1,19	1,39	0,163
Desviación estándar	0,73	0,76		
Síntomas sistémicos 1				
Promedio	2,45	1,43	4,36	0,006
Desviación estándar	1,92	1,47		
Síntomas locales 2				
Promedio	1,13	1,09	0,37	0,705
Desviación estándar	0,81	0,83		
Síntomas sistémicos 2				
Promedio	1,93	1,71	0,27	0,780
Desviación estándar	2,11	1,74		

Discusión y conclusiones

Las vacunas son una forma eficaz de proteger y disminuir la expresión de enfermedades antes y despues del contacto con ellas. Éstas activan el sistema inmunológico y crean inmunogenicidad en el organismo. A la fecha aún no existen estudios concluyentes acerca de los efectos adversos que la vacuna contra COVID 19 puede generar o si la previa exposición a la enfermedad cambia de alguna manera los efectos de la vacuna, es por eso que los efectos adversos posteriores a la vacunación son objeto de estudio en esta investigación (Casas y Mena).

Para evaluar la presencia de los efectos adversos se utilizó el cuestionamiento directo a los individuos vacunados, teniendo en cuenta que pudo presentarse sesgo de memoria y de percepción selectiva. Sin embargo, por la magnitud del evento, se trabajó con el supuesto de que sería improbable que estos sesgos se manifestaran, como se demostró en la metodología utilizada en estudios clínicos reportados en la literatura (Pfizer). Se debe reconocer que el uso del cuestionario en personal de salud otorga un panorama amplio del comportamiento de los efectos adversos de la vacuna en ésta población.

En la población estudiada se encontró mayor incidencia en los síntomas locales en la primera dosis de la vacuna, siendo el de mayor aparición el dolor en el sitio de aplicación, al igual que lo reportado en otros estudios clínicos (Pfizer). Este síntoma es el que prevaleció ante toda la sintomatología local, lo que contradice lo escrito en la literatura que en una segunda dosis los niveles de anticuerpos generados por los linfocitos B de memoria son sustancialmente mayores que los alcanzados tras la inmunización primaria y en consecuencia genera una respuesta efectora en la periferia, así como la presentación de efectos adversos de origen inmunológico de mayor intensidad y precipitación (Eseverri et al), de igual forma va en contra de otros estudios clínicos donde se afirma que las reacciones parecen ser más frecuentes en la segunda dosis y en personas menores de 55 años (Casas y Mena). Sin embargo, esto puede ser explicado por el hecho de que posterior a la primera dosis la percepción sensorial del dolor se normaliza y esto causa que al recibir la segunda dosis la sensación sea menor; otra argumentación es debido a errores programáticos por dificultades en el almacenamiento, transporte o administración de la vacuna (Arias et al).

Por otra parte, respecto a la sintomatología sistémica se encontró un comportamiento similar posterior a la aplicación de ambas dosis de las vacunas predominando con mayor aparición los síntomas de fatiga y cefalea, siendo exactamente los síntomas de mayor incidencia reportados en otro estudio (Pfizer), solo mostrando un leve aumento en la incidencia en comparación de ambos. La presentación de estos síntomas se explica por la reacción inmunológica producida hacia el antígeno con la consiguiente liberación de histamina y su intervención con las funciones motoras y sensoriales que aparecen en las primeras 24-48 hrs y que se resuleven en 3 días (Casas y Mena), la mayoría de estos síntomas fueron

resueltos en los centros vacunales y se tiene reportado que solo el 0,40% requiriró hospitalización (Batalla et al).

Adicionalmente, se observó en el estudio la presencia de síntomas sistémicos en los pacientes que previamente padecieron COVID-19, ya que fueron estadísticamente superiores en comparación con los que no habían padecido COVID-19, datos que no se habían reportado antes en ningún estudio. Sólo se tiene el registro de análisis clínicos donde se comenta que los trabajadores sanitarios con antecedente de infección previa presentaron títulos de anticuerpos posvacunación mas altos que los que no cuentan con este. Esto obedece a la mayor expresión de la respuesta efectora tras la previa exposición al antígeno (Eseverri et al). A su vez, da la pauta para establecer más criterios para la aplicación de la vacuna y no solo excluir a las personas que tengan antecedente de alergias graves específicamente a la medicación parenteral ya que las contraindicaciones de esta solo pueden minimizar la aparición de los efectos adversos mas no erradicarlos (Pfizer), pero esto será objeto de investigaciones posteriores.

En conclusión, la diferencia en la sintomatología local en específico el dolor en el sitio de la aplicación, se presenta en mayor medida tras una primera dosis, que en la segunda dosis de la vacunación. La incidencia de los síntomas sistémicos es igual en ambas dosis, además se encontró que en los pacientes que cuentan con antecedente de haber padecido COVID-19 se tiene una mayor expresión de síntomas sistémicos tras la primera dosis.

Referencias Bibliográficas

1.- Rodríguez M. A. (2021) Una nueva esperanza: las vacunas contra el COVID19# Revista de la Facultad de Medicina UNAM, 14 (2). Recuperado de: http://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2013/12/COVID-19-No.14-04-Una-nueva-esperanza-las-vacunas-contra-el-COVID19.pdf

2.- Padilla S. F. Maya F. L. y Ferman C. F. (2020) COVID-19 en México: Panorama Epidemiológico. Rev Cadena Cereb. 4(1), 31-42. DOI: 10.5281/zenodo.3926806

3.- Pfizer. (2020) Hoja informativa para proveedores de la salud que administren la vacuna (proveedores de vacunación). Recuperado de: http://labeling.pfizer.com/ShowLabeling.aspx?id=15155

4.- Eseverri J.L, Ranea S. y Marin A. (2003) Reacciones adversas a vacunas. ScienceDirect. (31): 125-138. DOI: https://doi.org/10.1016/S0301-0546(03)79278-7

5.- Pfizer. (2020) Hoja informativa para destinatarios y cuidadores. Recuperado de: https://www.fda.gov/media/144719/download.

6.- Colegio Oficial de Farmaceuticos de Madrid. (2021). Seguridad de las vacunas frente a la COVID-19, recuperado de: https://www.actasanitaria.com/wp-content/uploads/2021/04/informe-tecnico-de-seguridad-de-las-vacunas-frente-a-la-covid-19.pdf

7.- Arias C. C. (2006) Enfoques teóricos sobre la, percepción que tienen las personas. Horizontes pedagogicos, 1. Recuperado de: https://horizontespedagogicos.ibero.edu.co/article/view/08101/549

8.- Casas I. y Mena G. (2021) La vacunación de la COVID-19. 10 (156), DOI: https://doi.org/10.1016/j.medcli.2021.03.001.

9.- Batalla J, Urbiztondo L, Martínez M, Boldú M. y Taberner J. L. (2003). Incidencia de los efectos adversos asociados con la vacunación sistemática y los programas de vacunación en Cataluña. 4 (4), 127-131 DOI: https://doi.org/10.1016/S1576-9887(03)70341-0.

10.- Abarca V. K. (2007) Vigilancia de eventos adversos a vacunas: Adverse events surveillance. 24 (1), 53-56. DOI:

http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182007000100008.

11.- Berdasquera C. D. Suárez L. C. Jiménez S. L. (2000) Vigilancia de eventos adversos a vacunas: Un problema de salud en la comunidad. 16 (4), 379-383. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252000000400013&lng=es.

Biosensor electroquímico de ácido úrico para fluidos biológicos.

Autor: Bryan Modesto Landeros Alamilla[1],

Asesores: Ricardo Antonio Escalona Villalpando[2-a], Luis Gerardo Arriaga Hurtado[3], Janet Ledesma García[2-b].

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. aris_resendiz@hotmail.com
[2]División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. [2-a] escalona.qfb@gmail.com,[2-b] janet.ledesma@uaq.mx
[3]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. larriaga@cideteq.mx

Resumen

Un nuevo biosensor enzimático (Urato Oxidasa/Nanofibras) fue desarrollado inmovilizando la enzima Urato Oxidasa, la cual nos permitió realizar una detección de ácido úrico a diferentes concentraciones, enfocándonos en los niveles en sangre.

Los niveles adecuados de ácido úrico dentro de la sangre humana son de 1.5 a 6.0 mg/dL en mujeres y de 2.5 a 7.0 mg/dL en hombres. Al encontrarse principalmente como urato, éste presenta una baja solubilidad en el agua, de igual forma que en la sangre, alcanzando altas concentraciones.

Para la detección del ácido úrico, se llevó a cabo mediante un método electroquímico, donde a través de la oxidación del peróxido generado por la reacción catalítica, se obtuvo una variación de la corriente.

Palabras clave: Biosensor, ácido úrico, sangre, urato oxidasa, oxidación.

Summary

A new enzymatic biosensor (Urate Oxidase / Nanofibers) was developed immobilizing the enzyme Urate Oxidase, which allowed us to detect uric acid at different concentrations, focusing on blood levels.

Adequate levels of uric acid within human blood are 1.5 to 6.0 mg / dL in women and 2.5 to 7.0 mg / dL in men. Being mainly as urate, it has a low solubility in water, in the same way as in blood, reaching high concentrations.

For the detection of uric acid, it was carried out by an electrochemical method, where through the oxidation of the peroxide generated by the catalytic reaction, a variation of the current was obtained.

Keywords: Biosensor, uric acid, blood, urate oxidase, oxidation.

Introducción

El exceso de ácido úrico en sangre es conocido como hiperuricemia, esta enfermedad está relacionada principalmente con la hipertensión y la enfermedad renal diabética. La hiperuricemia se considera como un contaminante del síndrome metabólico, la cual desencadena enfermedades como obesidad abdominal, intolerancia a la glucosa, resistencia a la insulina, dislipidemia e hipertensión[1]

El ácido úrico está relacionado de forma directa e indirectamente con diversas enfermedades[2]. Existen diversas estrategias y métodos para la detección de ácido úrico, una de las clasificaciones puede ser por el tipo de tecnología. Para su detección se puede incluir técnicas espectrofotométricas, como ultra-violeta (UV) o fluorescencia, técnicas electroquímicas, cromatografías, electroforesis capilar, principalmente[3]

En la actualidad, los métodos de cuantificación para la detección de ácido úrico enfrentan complicaciones como la cantidad de muestra que se necesita y el tiempo para la obtención de los resultados.

Debido a esto, se propone obtener un biosensor enzimático, el cual nos permita una respuesta eficiente e inmediata de los niveles de ácido úrico, así como una buena sensibilidad, selectivo y alta reproducibilidad.

Metodología

Se prepararon electrodos de trabajo con el método cross-linking, La enzima Urato Oxidasa en conjunto con nanofibras de carbón fueron depositadas y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Para realizar las pruebas electroquímicas, se llevó a cabo con el electrodo de trabajo, un electrodo de referencia de Ag/AgCl (saturado) y un contraelectrodo de grafito.

Resultados

En previos estudios se obtuvo que el potencial de trabajo para un biosensor con Uricasa se encuentra entre 0.2 y 0.4 V. Al realizar las voltamperometrías cíclicas, se observó el pico de oxidación entre 0.2 y 0.44 V, lo cual nos proporcionó nuestro potencial de trabajo para realizar las amperometrías.

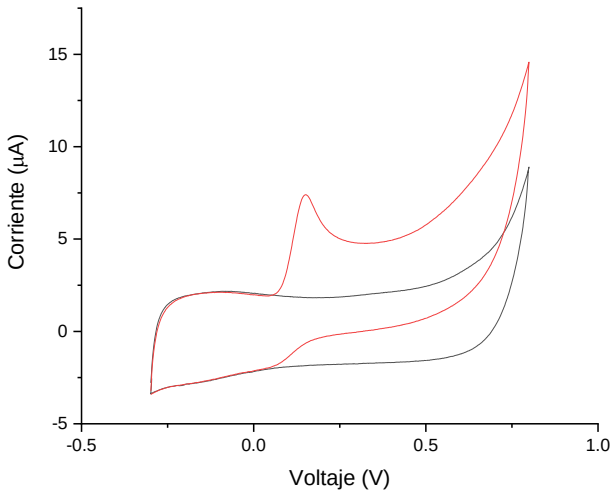


Figura 1: Voltamperometría cíclica del biosensor sin ácido úrico (gris) y con una concentración de ácido 1200 µM (roja) en buffer de fosfatos (pH 7.4.)

En la figura 1 se observa dos voltamperometrías cíclicas (VC) con un barrido de -0.3 V a 0.8 V en buffer de fosfatos de pH 7.4 con una velocidad de muestreo a 0.05 Vs-1. La primer VC de color gris es sin ácido úrico, donde se observó que no existe algún pico de oxidación, como se ha reportado en literatura. En la segunda VC, color rojo, se tuvo una concentración de 1200 µM de ácido úrico y se observó el pico de oxidación a 0.2 V. Este pico indica la oxidación del H_2O_2 y se observa un ligero desplazamiento hacia la izquierda, es debido a que, en soluciones básicas o neutras, el voltaje de oxidación del peróxido es menor.

La figura 2 es una cronoamperometría, donde con el paso del tiempo, se adicionaron diferentes concentraciones de ácido úrico, desde un valor de 10 µM hasta 1200 µM. Se observó ligeros aumentos de la corriente dependiendo de la concentración, las primeras alícuotas son de 10 µL, lo cual nos dan aumentos de 1-1,5 µA. Para las adiciones de 100 µL, se obtuvieron saltos de corriente mayores a 5 µA, sin embargo, la señal comienza a presentar ruido.

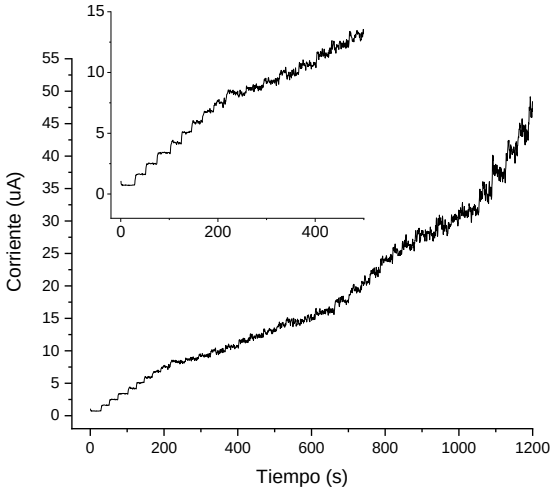
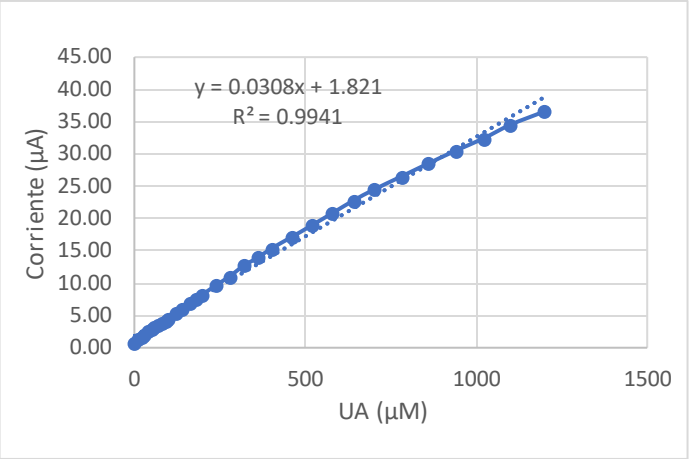


Figura 2: Respuesta amperométrica del electrodo de trabajo UOx/Nanofibras con adiciones de ácido úrico, desde una concentración de 10 µM hasta 1200 µM. El potencial de trabajo fue de 0.3 V.

En la figura 3 se presenta la normalización de la respuesta amperométrica, donde se observó un excelente rango lineal, desde una concentración de 0

hasta 1200 µM, obteniendo una R^2 de 0.9941, un



límite de detección de 0.58 µA, un límite de cuantificación de .446 µA y una Km de 5.73 µM.

Figura 3: Curva de calibración de la respuesta amperométrica del electrodo de trabajo a un pH de 7.4.

Discusión y conclusiones.

El presente trabajo cumple con las expectativas planteadas, los resultados favorecen a poder desarrollar un biosensor electroquímico para llevar a cabo la detección de ácido úrico en sangre.

Aún quedan pruebas por realizar para confirmar que se pueden llevar a cabo muestras reales de sangre. Sin embargo, se necesita disminuir el volumen de la muestra al orden de los microlitros, debido a que actualmente se ocupan 5 mL para correr una prueba.

Referencias

[1] A. K. Mandal and D. B. Mount, "The molecular physiology of uric acid homeostasis," *Annu. Rev. Physiol.*, vol. 77, no. October, pp. 323–345, 2015, doi: 10.1146/annurev-physiol-021113-170343.

[2] R. C. Oliveira, E. P. dan Burini, "High Plasma Uric Acid Concentration: Causes and Consequences. Diabetology and Metabolic Syndrome.," vol. 4, no. 12, pp. 1–7, 2012.

[3] Q. Wang, X. Wen, and J. Kong, "Recent Progress on Uric Acid Detection: A Review," *Crit. Rev. Anal. Chem.*, vol. 50, no. 4, pp. 359–375, 2020, doi: 10.1080/10408347.2019.1637711.

Redes multicapa como herramienta de análisis de la microbiota

Lázaro Vidal Víctor
Zyanya Mayoral-Peña
Etzel Garrido-Espinosa
Álvarez Martínez Roberto Carlos

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
lav_victor@outlook.com
roberto.alvarez@uaq.edu.mx

Resumen

El todo es más que la suma de sus partes, una frase que expresa la esencia de los sistemas complejos, sistemas que son el producto de la interacción entre sus componentes. La teoría de redes ha sido una herramienta muy útil para estudiar este tipo de sistemas del cual podemos encontrar abundantes ejemplos en distintas disciplinas, y la biología no es la excepción. Redes de regulación transcripcional, ecosistemas, la comunicación entre neuronas o la regulación endocrina son algunos ejemplos. Sin embargo, las redes no suelen ser sistemas aislados y también pueden ser parte de sistemas más grandes, pudiendo conectarse con otras redes.

Recientemente, el concepto de redes multicapa ha adquirido importancia como una herramienta útil en la exploración de sistemas complejos. En el presente trabajo analizamos una base de datos de la abundancia de OTUs bacterianos en *Lema daturaphila* y la planta de la que éste se alimenta, la solanácea *Datura inoxia*. Construimos a partir de estos, redes de co-abundancia que posteriormente fueron analizadas bajo el enfoque de las redes múltiples.

Summary

The whole is greater than the sum of its parts, a phrase that expresses the essence of complex systems, systems that are the product of the interaction between their components. Network theory has been a very useful tool to study this type of systems, of which we can find several examples in different disciplines, and biology is not the exception. Transcriptional regulation networks, ecosystems, communication between neurons or endocrine regulation are some examples. However, networks are not usually isolated systems, and they can also be part of larger systems, being able to connect to other networks.

Recently, the concept of multilayer networks has gained importance as a useful tool in the exploration of complex systems. In the present work we analyze a database of the abundance of bacterial OTUs in *Lema daturaphila* and its food source, the nightshade *Datura inoxia*. We build co-abundance networks from these data that were later analyzed under the multilayer networks approach.

Palabras clave: Redes multicapa, microbiota, redes temporales, redes multiplex, sistemas complejos, abundancias bacterianas.

Introducción

Las redes son objetos matemáticos muy útiles en el estudio de sistemas complejos, es decir, sistemas conformados por una serie de componentes que interactúan entre sí. Las redes que representan sistemas biológicos a menudo presentan particularidades en su arquitectura, como sucede, por ejemplo, en cascadas de señalización celular, cuyas redes son robustas, pues unos pocos elementos mantienen la mayoría de las conexiones, haciendo que la red sea poco susceptible a perder funcionalidad ante ataques aleatorios a su estructura [1]. Esta característica es particularmente importante, por ejemplo, si hablamos de sistemas de regulación génica dirigidos a mantener el funcionamiento de una

célula, pues será más probable que un ataque aleatorio o no-dirigido afecte a un componente no esencial de la red, a que interfiera con un elemento que sí resulte ser de vital importancia [2].

Sin embargo, las redes no suelen ser sistemas aislados, y al igual que sus componentes, las redes interactúan entre sí, generando nuevos fenómenos emergentes a distintos niveles. El enfoque de estudiar, no solo las interacciones dentro de una red individual, sino también las que ocurren con otras redes, es lo que conocemos como redes multicapa [2]. Aunque el concepto de las redes multicapa vio la luz dentro del ámbito de las ciencias sociales, este enfoque ha tomado fuerza en distintas ramas del conocimiento, incluyendo a las ciencias biológicas [3].

Las redes multicapa pueden ser utilizadas para analizar la forma en la cual distintos sistemas interactúan o la forma en la que estos evolucionan en el tiempo [3]. Uno de estos enfoques son las redes temporales, donde cada capa corresponde a un estado de la red en una fracción determinada de tiempo, por lo que permite visualizar cómo cambia la estructura de dicha red con respecto al tiempo [4]. También tenemos el caso de sistemas que pueden interactuar a distintos niveles, como los mecanismos de regulación de una célula, donde proteínas pueden interactuar directamente con el DNA o RNAs que pueden bloquear el procesamiento de algunos transcritos. Esto significa que cada una de las capas de la multi-red puede interactuar con cualquiera de las otras capas y no exclusivamente con las capas continuas [3]. Finalmente podemos destacar el caso de las redes multiplex, que representan a conjuntos de nodos que interactúan de formas distintas bajo diferentes condiciones, como puede ser la regulación génica de un tejido en pacientes sanos con respecto a pacientes con cáncer [2].

Por su puesto, la microbiota también ha podido ser analizada bajo este enfoque, pues permite estudiar la arquitectura de la red a través del tiempo o bajo dos condiciones distintas. Un ejemplo son las interacciones insecto-planta-microbiota, donde ésta última media la relación de ciertos insectos con las plantas de las que se alimentan.

Las plantas, como cualquier organismo multicelular, se encuentran constantemente en contacto con poblaciones bacterianas, con algunas de las cuales han desarrollado relaciones simbióticas. En las raíces de las plantas se han identificado comunidades de bacterias (rizobacterias) promotoras del crecimiento de las plantas o PGPB, por sus siglas en inglés. Estas actúan mediante diversos mecanismos que incluyen favorecer la biodisponibilidad de minerales solubles a las raíces, inhibir la proliferación de bacterias patógenas, la secreción de ciertas enzimas y la regulación de fitohormonas. A menudo estas bacterias actúan en conjunto con comunidades de hongos conocidos como micorrizas, suministrando agua y soporte a la planta, que a cambio provee de azúcares derivados de la fotosíntesis [5]. Se ha documentado que algunas bacterias son capaces de ofrecer resistencia contra ciertas plagas, tal es el *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas putida* y *Acidovorax radicis*, que se han asociado a una reducción en las poblaciones de áfidos. Este efecto lo logran potenciando la producción de compuestos fenólicos volátiles y fitohormonas como el ácido jasmónico y el ácido salicílico en las hojas [6]. Podemos destacar también que el contacto con las lombrices de tierra se ha asociado a una mejora en la integración de las raíces con la microbiota, debido a que enriquecen y transportan poblaciones de rizobacterias y la biodisponibilidad de algunos nutrientes. Esta relación recurrente entre plantas con insectos con los que poseen un contacto frecuente implica también el intercambio de parte de la microbiota de ambos [7]. El papel que la microbiota juega en esta relación es aún motivo de ardua investigación, por lo que herramientas como las redes multicapa pueden ayudarnos a entender cómo sucede.

El siguiente trabajo pretende realizar un análisis de la microbiota de la solanácea *Datura inoxia* en contraste con el escarabajo *Lema daturaphila*, empleando para ello el enfoque de las redes multicapa. Con esto se

pretende identificar nodos relevantes en la arquitectura de la red, analizar la distribución de los grandes grupos taxonómicos en la red, identificar comunidades bacterianas altamente interconectadas y finalmente, emplear dicha información para identificar si existe o no una posible relación entre la importancia de los nodos dentro de la red y su funcionalidad biológica para los huéspedes.

Metodología

Se analizó una base de datos tipo *phyloseq* de la microbiota del escarabajo *Lema daturaphila* y la planta de la que éste se alimenta, la solanácea *Datura inoxia*. *L. daturaphila* es un escarabajo de la familia Chrysomelidae, caracterizado por de color amarillo anaranjado brillante. Sus élitros están marcados con líneas de color marrón oscuro, una a cada lado y otra a lo largo de la sutura entre las alas. Se consideran plagas de varias especies de solanáceas, como el tomatillo (*Physalis ixocarpa*) y en raras ocasiones también en el tomate y la papa [8].

Como datos de entrada para construir las redes, se empleó una tabla de abundancias absolutas de los OTUs y una tabla de taxones, que contenía la clasificación de los OTUs. Los datos fueron previamente obtenidos mediante la amplificación de genes 16S-rRNA bacterianos a partir de muestras de la microbiota del escarabajo (huevos, intestino y excremento) y de la solanácea (endofitos, epifitos y semillas). Previamente se colapsaron las tablas a nivel género de la red insecto-planta. También se eliminaron previamente todos los OTUs que carecían de una clasificación a dicho nivel taxonómico.

Para la realización de este trabajo se utilizó la versión 4.1.0 (2021-05-18) de R. Se emplearon los paquetes igraph, phyloseq, SpiecEasi, minet y muxViz. Algunos de los paquetes están disponibles en CRAN y otros fueron descargados de repositorios de GitHub o del proyecto para análisis de datos genómicos Bioconductor [9, 10, 11, 12, 13, 14].

Se utilizaron tres algoritmos distintos para inferir redes de co-abundancia a partir de los datos obtenidos: SpiecEasi, Aracne y SparCC [11, 12]. El algoritmo SparCC del paquete SpiecEasi estimó las conexiones entre nodos a partir de la covarianza de los datos. Por su parte, el algoritmo Aracne del paquete minet calcula las correlaciones de todos los tripletes posibles entre nodos y elimina de cada conjunto el que posea una correlación más débil. El algoritmo SPIEC-EASI de SpiecEasi estimó la independencia condicional entre nodos mediante el método de vecindad (MB) y el de covarianza inversa (Glasso) [11].

Previamente se aislaron los datos correspondientes a cada una de las capas de las redes. En el primer caso, se separaron los datos muestrales que corresponden al escarabajo *Lema daturaphila* y a la solanácea *Datura inoxia*. Se infirieron redes de co-abundancia para cada uno de los datos aislados y posteriormente se ajustó el tamaño de los nodos en función de la abundancia relativa de cada nodo. También se crearon funciones que nos permitieran asociar cada nodo al *phylum* al que pertenecen. Posteriormente se analizó la topología de las redes obtenidas mediante el análisis de centralidades, la clusterización de los nodos y la distribución de las conexiones.

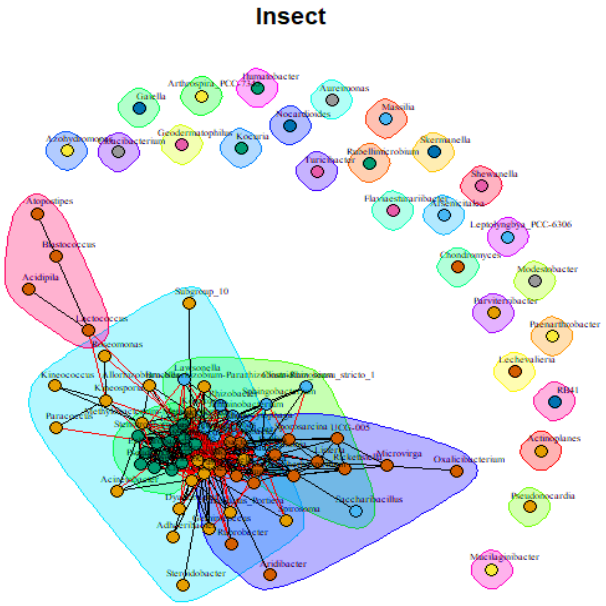


Figura 1: Clusterización mediante el método Louvain de una de las capas de la red escarabajo-solanácea. Los *clusters* corresponden a regiones de la red ampliamente interconectadas.

Se ensamblaron las redes multicapa mediante los paquetes muxViz y multinet. Para el caso de la red escarabajo-solanácea, se consideró el enfoque de una red multiplex, debido a que se buscaba identificar las similitudes y discrepancias entre la microbiota del insecto y la de su fuente de alimento.

Se comparó la importancia de los nodos entre las capas de las multi-redes mediante distintas medidas de centralidad, así como también se compararon los *clusters* identificados en cada una de las capas. También se analizó la abundancia de los *phyla* en las muestras tomadas de distintas secciones del insecto (huevos, intestino y excremento) y de la planta (endofitos, epifitos y semillas). Finalmente, se realizó una prueba de t-Student a los nodos más abundantes con el fin de identificar aquellos cuyas abundancias difieren significativamente entre capas.

Resultados

El análisis de la densidad de conectividad de las redes revela, tal y como se había planteado en la hipótesis, que se trataba de redes de mundo pequeño, debido a que la mayor parte de las conexiones se concentraban en unos pocos nodos y ninguna de las redes poseía una distribución normal ($p<0.05$). Esta es una característica de las redes estocásticas.

Sin embargo, de los tres algoritmos empleados en la inferencia de redes, solo Aracne y SparCC fueron empleados en la construcción de las redes multicapa, descartando el uso de SPIEC-EASI para posteriores análisis. Este último está basado en la independencia condicional de los nodos, por lo cual es mucho más selectivo, y dado el bajo número de muestra de algunas de las capas, el algoritmo arroja redes inconexas para tales casos.

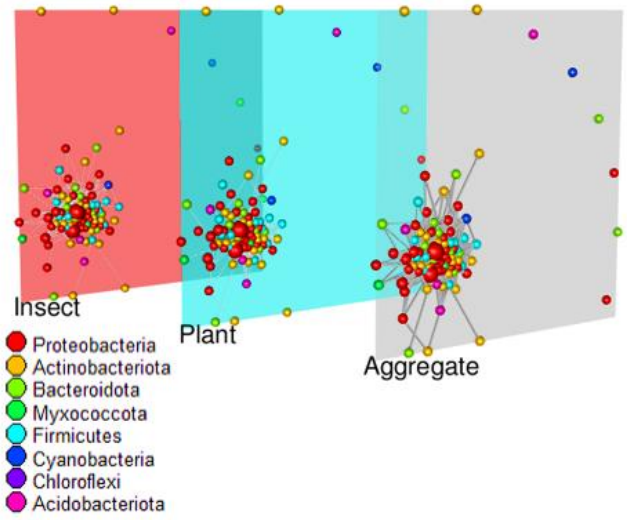


Figura 2: Red multiplex (SparCC) de escarabajo-solanácea, incluyendo la capa *aggregate*, que representa la sumatoria de las conexiones de todas las capas anteriores. El tamaño de los nodos está en función de la abundancia relativa de los nodos, cuyo color está asociado al *phylum* al que pertenecen.

Las redes multicapa construidas con SparCC y Aracne de escarabajo-solanácea, en ambos casos, revelaron a Proteobacteria como el *phylum* con mayor abundancia y distribución en las capas. Del mismo modo, su abundancia relativa en las muestras de tejidos fue preponderante.

En las muestras extraídas del escarabajo se encontró una gran abundancia de las gamma-proteobacterias *Serratia* y *Pseudomonas*, pero una abundancia muy baja para el resto de OTUs presentes. La microbiota de la solanácea mostró una mayor diversidad de OTUs con abundancias altas, dentro de los que podemos destacar gamma-proteobacterias como *Pseudomonas*, *Pantoea*, *Siccibacter*, *Janthinobacterium* y *Massilia*.

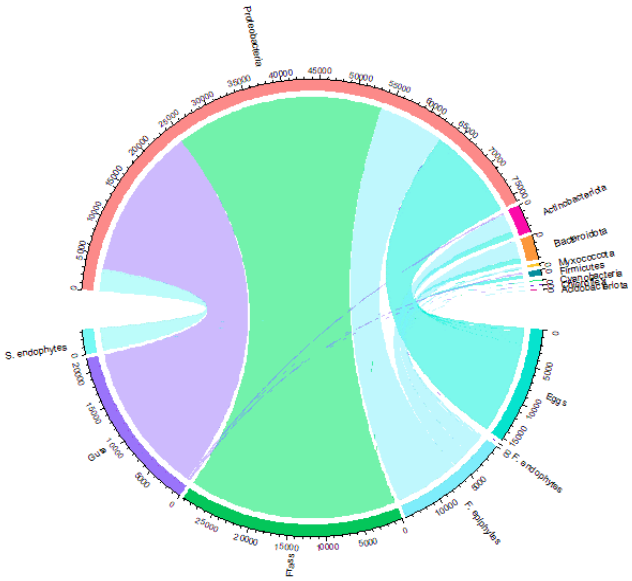


Figura 3: Se analizó la distribución de los *phylum* en las muestras de los distintos tejidos, mostrando una presencia dominante de Proteobacteria en todas las muestras, seguido en menor medida por Actinobacteria y Bacteroidetes.

Las muestras de excremento e intestino de *Lema daturaphila* mostraron una diversidad de *phyla* muy baja ante la abundancia dominante de Proteobacteria. Lo mismo sucede con las muestras endófitas extraídas de la planta. Las muestras con mayor diversidad fueron aquellas extraídas de los huevos del insecto y las muestras de epífitas de la solanácea, que también mostraron una presencia importante de Actinobacteria y Bacteroidetes, y en menor medida también de Firmicutes.

El análisis de centralidades por *degree* reveló que, a pesar de la variación de las abundancias entre ambos organismos, las Proteobacterias, conservan un alto grado de centralidad entre capas, lo que sugiere que podrían tener una importancia a nivel funcional en la relación entre el escarabajo y su fuente de alimento. Dentro de este grupo podemos destacar a *Siccibacter* y *Pantoea* en la microbiota del escarabajo, mismas que también mostraron previamente una abundancia relativa alta. El género *Salmonella* también mostró un *degree* alto en la red SparCC, aunque no se encontrara dentro de los OTUs con mayor abundancia relativa.

En el caso de la solanácea, la diversidad de especies con un *degree* elevado fue mucho mayor. Destacan alfa-proteobacterias como *Sphingomonas*, *Skermanella*, *Methylobacterium* y *Microvirga*, además de gamma-proteobacterias como *Janthinobacterium* y *Massilia*. En menor proporción se encontraron también bacterias ajenas al *phylum* Proteobacteria como *Actinoplanes*, *Hymenobacter* y *Cystobacter*, pertenecientes a Actinobacteria, Bacteroidetes y Myxococcota, respectivamente.

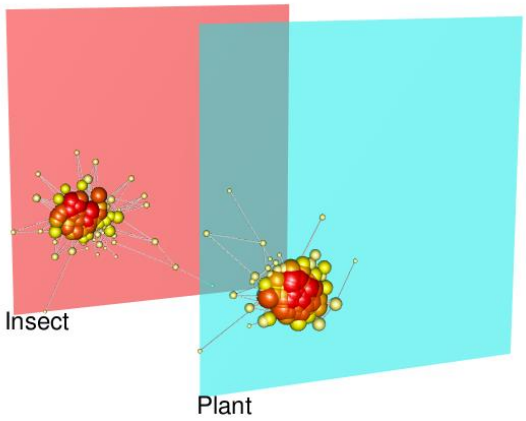


Figura 4: Red multiplex de la centralidad por *degree* entre las capas. Nodos con tonos más próximos al rojo indican un mayor número de conexiones.

El análisis de centralidad por cercanía mostró valores altos para casi todos los nodos debido a la alta interconectividad de los *clusters*. Del mismo modo, no se encontró consenso al respecto de la centralidad por *betweenness* entre los dos algoritmos.

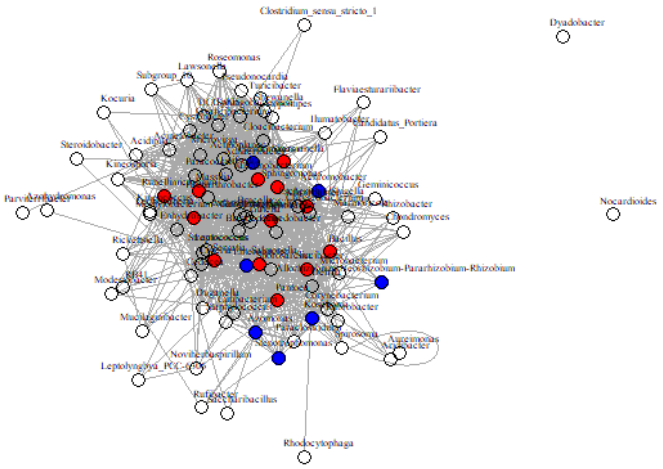


Figura 5: Gráfico de la variación de los nodos entre las capas de la red bipartita. Los nodos marcados en rojo son aquellos que poseen diferencias significativas en las abundancias entre capas, mientras que los azules son aquellos que no poseen diferencias significativas entre ambas redes.

No se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en los géneros *Kosakonia*, *Stenotrophomonas*, *Pseudomonas*, *Azomonas*, *Rhizobium*, *Achromobacter* y *Enterobacter*, todos pertenecientes al *phylum* Proteobacteria. Por el contrario, las proteobacterias *Serratia*, *Siccibacter*, *Escherichia*, *Shigella*, *Pantoea*, *Janthinobacterium*, *Methylobacterium* y *Salmonella*, además de Bacillus de Firmicutes, se encontraron con mayor abundancia en los tejidos del escarabajo. Sin embargo, las proteobacterias *Sphingomonas*, *Massilia*, *Rubellimicrobium* y *Skermanella*, junto a *Hymenobacter* de Bacteroidetes, tenían una abundancia mayor en los tejidos vegetales.

Discusión y conclusión

El uso de redes multicapa en la exploración de la microbiota permite identificar patrones que nos ayuden a comprender las características de las comunidades bacterianas sin restringirnos a las limitaciones que plantean las redes simples, permitiéndonos hacer un análisis comparativo entre las distintas capas.

La relación de *Lema daturaphila* y las especies del género *Datura* es ampliamente conocida, puesto que dicho escarabajo es considerado como una plaga para múltiples especies de dicho género. Las larvas del escarabajo se alimentan de las hojas de la planta durante el verano, y a menudo se les puede encontrar concentradas en grandes grupos en la superficie de las hojas [8]. Sin embargo, nuestro conocimiento sobre el papel de la microbiota en la relación entre ambas especies y su interacción con sus respectivos huéspedes, es aún muy limitado.

Todos los análisis revelaron una amplia presencia del *phylum* Proteobacteria, un clado que sin embargo es muy diverso y, por lo tanto, difícil de asociar a una única función concreta. Su relación con la planta y el insecto varía a lo largo de un espectro muy amplio que incluye especies comensales, patógenas, simbiontes y bacterias de vida libre.

Dentro de este marco cabría señalar a las alfa-proteobacterias, algunas de las cuales suelen estar asociadas a tejidos vegetales como bacterias fijadores de nitrógeno, un papel que también desempeñan varias especies de beta-proteobacterias, clase que, sin embargo, no se encontró en proporciones significativas. Algunas de las alfa-proteobacterias identificadas, tales como *Skermanella* y *Microvirga*, se encuentran en una gran variedad de hábitats, especialmente en el suelo [15], lo que en primera instancia nos llevaría a plantear la hipótesis de que se trata de bacterias de vida libre. Sin embargo, el hecho de que estas se concentran casi exclusivamente en las muestras de epífitas sugiere una relación simbiótica.

En el caso de *Sphingomonas* y *Methylobacterium*, ambos son géneros de bacterias fijadoras de nitrógeno, el primero de los cuales suele ser más abundante en las raíces de las plantas, mientras que en el género *Methylobacterium* podemos encontrar simbiontes endófitas como *Methylobacterium symbioticum*, y simbiontes epífitas como *Methylobacterium extorquens* [16], aunque en las muestras analizadas solo se encontraron en las muestras de epífitas. Esto sugiere que la alta abundancia relativa de alfa-proteobacterias en las muestras, especialmente de *Skermonella* debido a su sobresaliente presencia, podría estar relacionado con una asociación de tipo mutualista o comensal, como bacterias fijadoras de nitrógeno, con los tejidos superficiales de la solanácea.

Las alfa-proteobacterias mencionadas se hallaron agrupadas en un clúster junto a otras bacterias como *Hymenobacter*, *Pseudomonas*, *Janthinobacterium* y *Massilia*. Además, todas las mencionadas se encontraron solo en las muestras de epífitas, lo que sugiere que forman una comunidad bacteriana cuyos miembros podrían tener funciones biológicas

comunes. Sin embargo, la escasa diversidad de bacterias detectadas en las muestras de semillas y endófitas, también sugiere que el hecho de que la superficie de la planta podría simplemente ser un sitio más propicio para la proliferación de bacterias que los otros dos tejidos. Debido a ello, se requiere de un análisis mucho más exhaustivo que involucre agrupar los nodos por su función biológica para verificar si los *clústers* realmente corresponden a comunidades relacionadas por su actividad biológica.

Lo anterior contrasta con la mayor diversidad encontrada en las muestras del escarabajo. En dicho caso, la presencia de bacterias particularmente abundantes en heces e intestinos, como *Serratia*, *Pseudomonas*, *Siccibacter*, *Pantoea* y *Salmonella*, también en muestras huevos, podría explicarse debido a que las larvas suelen cubrirse de excremento como mecanismo protector contra los depredadores [17]. Este fenómeno también podría explicar por qué se encontraron estas mismas bacterias en la superficie de la planta a pesar de estar fuertemente asociadas al intestino del escarabajo. Algunas de estas bacterias podrían estar involucradas en la digestión, pero también en la protección contra patógenos, como sucede con *Serratia symbiotica* y su asociación con los áfidos, lo que le otorga a este último protección contra parásitos [18]. Esta hipótesis se ve fomentada ante el hecho de que *Serratia* junto a *Pseudomonas* son los géneros más abundantes en las muestras, y están ampliamente distribuidas en todos los tejidos analizados del insecto.

El análisis mediante redes multicapa identificó conjuntos de bacterias que podrían, dados los datos arrojados por los análisis, tener una función biológica importante en la regulación de la propia red y algunos incluso podrían actuar como simbiontes de sus huéspedes. Sin embargo, se requiere compaginar esta información con una base de datos de modo que podamos categorizar y etiquetar los nodos, e identificar si las funciones comunes asociadas a los OTUs se corresponden con los clústers hallados.

Referencias

[1] Zheng, W., Wang, D., & Zou, X. (2019). Control of multilayer biological networks and applied to target identification of complex diseases. *BMC bioinformatics*, 20(1), 1-12.

[2] Aleta, A., & Moreno, Y. (2019). Multilayer networks in a nutshell. *Annual Review of Condensed Matter Physics*, 10, 45-62.

[3] Bianconi, G. (2018). *Multilayer networks: structure and function*. Oxford university press.

[4] Zuzek, L. A., Stanley, H. E., & Braunstein, L. A. (2015). Epidemic model with isolation in multilayer networks. *Scientific reports*, 5(1), 1-7.

[5] Zytynska, S. E. (2021). Embracing the complexity of plant-microbe-insect interactions under a changing climate for sustainable agriculture. *Current Opinion in Insect Science*.

[6] Haney, C. H., Wiesmann, C. L., Shapiro, L. R., Melnyk, R. A., O'Sullivan, L. R., Khorasani, S., ... & Ausubel, F. M. (2018). Rhizosphere-associated Pseudomonas induce systemic resistance to herbivores at the cost of susceptibility to bacterial pathogens. *Molecular Ecology*, 27(8), 1833-1847.

[7] Arora, R., & Malik, G. (2021). Microbe-Plant-Insect Interactions: A Comparative Dissection of Interactome. In Plant-Pest Interactions: From Molecular Mechanisms to Chemical Ecology (pp. 365-398). *Springer, Singapore*.

[8] Goldberg, J. K. (2020). *Towards Understanding the Mechanisms Maintaining a Stable Trichome Dimorphism in the Sacred Datura Plant* (*Datura wrightii*) (Doctoral dissertation, Indiana University).

[9] Csardi G, Nepusz T: The igraph software package for complex network research, InterJournal, Complex Systems 1695. 2006. https://igraph.org

[10] phyloseq: An R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data. Paul J. McMurdie and Susan Holmes (2013) PLoS ONE 8(4): e61217.

[11] Zachary Kurtz, Christian Mueller, Emily Miraldi and Richard Bonneau (2021). SpiecEasi: Sparse Inverse Covariance for Ecological Statistical Inference. R package version 1.1.1.

[12] Patrick E. Meyer, Frederic Lafitte and Gianluca Bontempi (2008). MINET: An open-source R/Bioconductor Package for Mutual Information based Network Inference. BMC Bioinformatics. URL http://www.biomedcentral.com/1471-2105/9/461

[13] Patrick E. Meyer, Frederic Lafitte and Gianluca Bontempi (2008). MINET: An open source R/Bioconductor Package for Mutual Information based Network Inference. BMC Bioinformatics. URL http://www.biomedcentral.com/1471-2105/9/461

[14] Manlio De Domenico (2021). muxViz: MuxViz - Visualization and Analysis of Multilayer Networks. R package version 3.1. https://github.com/manlius/muxViz

[15] del Pilar Martínez-Diz, M., Andrés-Sodupe, M., Bujanda, R., Díaz-Losada, E., Eichmeier, A., & Gramaje, D. (2019). Soil-plant compartments affect fungal microbiome diversity and composition in grapevine. *Fungal Ecology*, 41, 234-244.

[16] Fausto, C., Mininni, A. N., Sofo, A., Crecchio, C., Scagliola, M., Dichio, B., & Xiloyannis, C. (2018). Olive orchard microbiome: characterisation of bacterial communities in soil-plant compartments and their comparison between sustainable and conventional soil management systems. *Plant Ecology & Diversity*, 11(5-6), 597-610.

[17] Visakorpi, K., Gripenberg, S., Malhi, Y., & Riutta, T. (2021). Does insect herbivory suppress ecosystem productivity? Evidence from a temperate woodland. *bioRxiv*.

[18] Renoz, F., Pons, I., Vanderpoorten, A., Bataille, G., Noël, C., Foray, V., ... & Hance, T. (2019). Evidence for gut-associated Serratia symbiotica in wild aphids and ants provides new perspectives on the evolution of bacterial mutualism in insects. *Microbial ecology*, 78(1), 159-169.

Efectos moleculares de la coexposición de BPA y naringenina/metabolitos en células HT-29

Sara Julietta Lozano Herrera,[1] Ramón Gerardo Guevara González,[2] Ana Gabriela Hernández Puga,[1] Haydé Azeneth Vergara Castañeda.[1*]
Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de medicina,[1] Facultad de ingeniería.[2]
[*]Asesora. Contacto: hayde.vergara@uaq.edu.mx

Resumen
El cáncer de colon se relaciona con una disminución en la expresión del receptor estrogénico β (REβ), el cual esta relacionado con promover apoptosis. Este receptor puede ser mediado por disruptores estrogénicos como bisfenol A (BPA), que puede promover proliferación o naringenina que es metabolizada por la microbiota durante el proceso fermentativo e inhibe proliferación. El objetivo del proyecto es evaluar el efecto quimioprotector del extracto de fermentación (EF) *in vitro* de la naringenina sobre células de cáncer de colon HT-29 expuestas a BPA, así como proponer el epigenético involucrado. Se realizó una prueba de viabilidad por el ensayo de MTT bajo los diferentes tratamientos, y se determinó apoptosis celular por citometría de flujo así como la expresión de genes involucrados en la cascada de señalización de p53 y la expresión de miR-200c. Se encontró que el EF y naringenina promuven apoptosis tanto por la vía extrínseca como mitocondrial y que por su lado el BPA promueve la expresión de miR-200c, el cual inhibe PTEN y PUMA, importantes para inhibir proliferación. Cuando se encuentran en coexposición, la célula se encuentra en mayor estrés, hay mayor expresión de TNF que finalmente desencadenan en apoptosis relacionada a REβ.

Palabras clave: cáncer de colon, BPA, naringenina, REβ.

Summary
Colon cancer is related to a decrease in the expression of the estrogen receptor β (REβ), which is related to promoting apoptosis. This receptor can be mediated by estrogen disruptors such as bisphenol A (BPA), which can promote proliferation, or naringenin, which inhibits proliferation; naringenin is metabolized by the microbiota during the fermentation process, the objective of the project is to evaluate the chemoprotective effect of the in vitro fermentation extract (EF) of naringenin on HT-29 colon cancer cells exposed to BPA, as well as to propose the epigenetics involved, for which in addition to performing viability tests by the MTT assay under the different treatments, cell apoptosis was determined by flow cytometry and the expression of genes involved in the p53 pathway and the expression of miR-200c. Finding that EF and naringenin promote apoptosis both by extrinsic and mitochondrial pathways and that BPA promotes the expression of miR-200c, which inhibits PTEN and PUMA, important to inhibit proliferation. When they are in coexposure, the cell is under greater stress, there is greater expression of TNF that finally triggers apoptosis related to REβ.

Keywors: colon cancer, BPA, naringenin, REβ.

Introducción
El cáncer colon (CC), ocupa el 3º lugar en México y el mundo y causa aproximadamente 700,000 muertes al año. (Burbao-Luna et al., 2016; Bray et al., 2018). Se correlaciona con una ingesta alta de grasas y carnes rojas y una ingesta baja de alimentos ricos en fibra y antioxidantes. El alto consumo de alcohol, el tabaquismo, colitis crónica, la obesidad y la exposición a contaminantes ambientales incrementan el riesgo de este padecimiento (Pan y Wang, 2018). Se ha reportado que la expresión y modulación de los receptores estrogénicos (REs) en colon intervienen en el proceso de carcinogénesis. Existe una disminución

en la expresión del REβ, relacionado con procesos de apoptosis y hay un aumento en la expresión del receptor estrogénico α (REα) que promueve proliferación. Los mecanismos moleculares involucrados son diversos incluyendo los mecanismos epigénicos dentro de los cuales se encuentran la expresión de diferentes miRNAs, estos son pequeños fragmentos de RNA que inhiben principalmente el proceso de traducción uniéndose a la región 3´UTR del RNAm, su actividad se ha relacionado con promover el desarrollo carcinogénico una vez que inhiben la traducción de genes supresores de tumores. Otro mecanismo epigénico reportado es la metilación en la región promotora de genes relacionados con inhibir el desarrollo de cáncer, es el caso del REβ el cual en etapas avanzadas de CC se encuentra metilado y la falta de su expresión está relacionado con un mal pronóstico de vida (Elbanna et al., 2012; Caiazza et al., 2015). El 7β-estradiol es el ligando por excelencia que se une a los REs, sin embargo, otras moléculas llamadas disruptores estrogénicos pueden unirse a este tipo de receptores y modular su actividad y expresión. El Bisfenol A (BPA) [4,4´-dihidroxi-2,2-difenilpropano] es un disruptor estrogénico de origen sintético; este es un compuesto químico utilizado para la elaboración de polímeros como el policarbonato y resinas epoxi presentes en recipientes destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas. El BPA se lixivia hacia el alimento, factores como la temperatura o el pH promueven dicho efecto; por tal motivo se ha enfatizado en la exposición del BPA y su efecto metabólico (Kharrazian, 2014; Acconcia el al., 2015; García et al., 2015). El BPA es afín a REα, REβ y a otros receptores sensibles a estrógenos como GPR30; muchos de los efectos en cáncer se encuentran relacionados con estas interacciones. Se ha demostrado que el BPA promueve cáncer de mama, útero y próstata que son órganos responsivos a estrógenos, aunque su promoción en CC aún no se encuentra bien descrito (Doherty et al., 2010; Dong et al., 2001). Existen otros compuestos de origen natural que pueden unirse a REs como los flavonoides; estos son los polifenoles más abundantes, los podemos encontrar en frutas, verduras, entre otras fuentes vegetales. Son un grupo de más de 9000 compuestos que comparten una estructura básica constituida de dos anillos de benceno conectados por un puente de 3 carbonos, formando un heterociclo (C6-C3-C6). Se dividen en flavanoles, flavanonas, flavonoles, flavonas, isoflavonas y antocianinas que difieren en sus sustituyentes de anillo y grado de saturación (Amawi et al., 2017). Se ha demostrado que los flavonoides presentan diversos efectos biológicos, que incluyen un alto potencial antioxidante, antiinflamatorio, cardioprotector, hepatoprotector, antimicrobiano y anticanceroso por diferentes vías, dependiendo del tipo del compuesto y del órgano blanco. Dentro de los flavonoides podemos encontrar a la naringenina, la cual es absorbida principalmente en intestino delgado, metabolizada por enzimas de fase II en hígado y excretada vía biliar ya glucoronidada, aunque también se ha reportado que una parte alcanza el colon intacta y es metabolizada por la microbiota obteniendo diversos subproductos como ácido 3(3,4-dihidroxifenil) propiónico, ácido 3(3-hidroxifenil) propiónico, proroglucinol, ácido 3(4-hidroxifenil) propiónico y *p*-cumárico, por lo que es importante estudiar el efecto de estos en CC (Amawi et al., 2017). Se ha estudiado el efecto de la coexposición de ambos disruptores, narigenina y BPA en células de cáncer de mama, observando que la naringenina inhibe la expresión de REα e inhibe la expresión de BCL-2 promoviendo el proceso de apoptosis. Mama es un órgano que tiene una mayor cantidad de REα y es un tejido responsivo a estrógenos, por lo que es importante detallar el efecto de esta coexposición en tejidos como el colon. Por lo anterior descrito, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto quimioprotector del extracto de fermentación *in vitro* de la naringenina sobre células de cáncer de colon expuestas a bisfenol A, así como proponer el epigenético involucrado.

Metodología

Digestión y fermentación *in vitro* de la naringenina

Para la digestión y obtención del extracto de la fermentación de la narigenina se realizó una simulación del tracto gastrointestinal siguiendo la metodología descrita por Campos-Vega *et al*.,

(2009). La digestión de la naringenina incluye los pasos de boca, estómago, intestino delgado y colon. Para este último se tomaron cuatro muestras de heces humanas de pacientes aparentemente sanos sin historial de consumo de antibióticos al menos en los últimos tres meses; se tomaron 9 mL de medio de cultivo basal estéril (agua peptona, extracto de levadura, NaCl, K_2HPO_4, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $NaHCO_3$, cisteína, sales biliares, tween y hematidina dilupida en NaOH 1M) en condiciones anaeróbicas (H_2, CO_2, N_2, 10:10:80 respectivamente) durante 24 h. Posteriormente el inóculo fecal (3 g de materia fresca) se homogenizó con 27 mL de solución de fosfato de sodio 1M (pH 7.0) y se añadió 1 mL de este homogenizado al medio de cultivo adicionando 10 mL de naringenina previamente digerida (Campos-Vega et al., 2015)

Identificación de metabolitos

Los metabolitos generados de la fermentación se identificaron por HPLC en una columna C18 a 35ºC. La fase móvil A consistió en agua/metanol/ CH_2O_2 5N (98.9 /1/ 0.1 v /v / v) y la fase móvil B de acetonitrilo/agua/ CH_2O_2 5N (1 /98.9 / 0.1 v /v / v). El tiempo de ejecución es de 23 min seguido de un retraso 1 min antes de la próxima inyección. Las lecturas de naringenina, ácido 3(4-hidroxifenil) propiónico, ácido 3(2,4- Dihidroxifenil) propiónico, ácido 3,4 dihidroxifenil acético, ácido 3,4 dihidroxibenzoico, homo vanillico y 4-metilcatecol fueron a 280 nm, *p*-cumárico a 320 nm.

Cultivo Celular

La línea celular HT-29 se obtuvo de cultivos iniciales de la ATCC. Se empleó el cultivo DMEM conteniendo glucosa (4.5 g/L) y L-glutamina para las líneas celulares. El medio se suplementó con suero fetal bovino (SFB) al 10% y estreptomicina/penicilina al 1%. Las células se mantuvieron incubadas a 37°C en una atmósfera al 5% de CO_2 y 95% de humedad.

Pruebas de viabilidad por ensayo de MTT

Se evaluaron diferentes concentraciones de la naringenina (25-500 µM), EF (25-43 %) y BPA (2.2, 4.4, 6.6 y 8.8 µM) con la finalidad de identificar la dosis en la que se pudiera presentar citotoxicidad para la línea celulare. Posteriormente, se evaluó la naringenina (IC_{50}) y BPA a una concentración de 4.4 µM (50 µg/kg/peso que corresponde a la ingesta diaria tolerable) en coexposición. La prueba de viabilidad celular se realizó mediante el ensayo de MTT (bromuro de dimetil- tiazolil-difenil- tetrazolio). Brevemente, las células se sembraron en microplaca estéril de 96 pozos (1 x 10^4 células/pozo) en medio de cultivo adicionado con SFB al 10%. A las 24 h de incubación, el medio se sustituyó por los tratamientos a diferentes concentraciones en medio con SFB al 2 %, incluyéndose controles negativo y positivo. Después de 24 h de tratamiento se adicionó 200 µl de solución MTT a cada pozo y la incubación continuó a 37°C por 60 min. Pasado el tiempo se removió el sobrenadante y se añadió DMSO (200 µl) a cada pocillo y la incubación continuó a temperatura ambiente durante 5 min. El valor de densidad óptica de cada pozo se detecta a una longitud de onda de 540 nm.

Apoptosis

Para la prueba de apoptosis se empleó el kit que detecta Anexina 5 ya que tiene gran afinidad a la fosfatidilserina, la cual se externaliza en la membrana de células apoptóticas. Se colocó las líneas celulares (1 x 10^5 células/mL) incluyendo el control positivo y negativo de inducción de apoptosis. Se tomaron 100 µL de Anexina 5, la cual será preparada bajo las condiciones del proveedor junto con 100 µL de células suspendidas en medio suplementado con SFB 1%. Se incubaron por 20 min a temperatura ambiente y finalmente se analizaron en un citómetro de flujo Muse Cell Analizer.

Determinación de la expresión de REβ

Para determinar la expresión de REβ en las diferentes líneas celulares tratadas con naringenina y BPA, primero se extrajo el RNA total de las células empleando membranas de silica-gel de la marca Jena Bioscience GmbH (Jena, Germany). Posteriormente, se realizó la síntesis de cDNA

empleando cebadores Oligo dT y el kit SCRIPT cDNA de la marca ena Bioscience GmbH (Jena, Germany) bajo las siguientes condiciones: 50◦C por 40 min, 70◦C por 10 min y se estandarizaron condiciones de amplificación en PCR punto final empleando GoTaq Flexi DNA Polymerase de Thermo Scientific.
Finalmente se hicieron pruebas de qPCR empleando RadiantTM Green Hi-ROX qPCR Kit. Radiant molecules. Alkali Scientific empleando β-actina como gen constitutivo para la normalización. Los oligos empleados son los siguientes:

Tabla 1. Secuencias Foward y Reverse de genes REβ y GPER30

Gen	Fwd-primer	Rev-primer	Alineación
β-Actina	ACGGGGTCACCCACACTGTGC	CTAGAAGCATTTGCGGTGGACGATG	62ºC
ERβ	TCCCACTTCGTAACACTTCCG	ACATTCTATAGCCCTGCTGTGA	64ºC

Arreglo de PCR de la cascada de señalización de p53
Una vez que se extrajo el RNA de las células HT-29 tratadas con naringenina y BPA, se llevó a cabo la síntesis de cDNA por la metodología ya descrita empleando el kit SCRIPT cDNA de la marca Bioscience GmbH (Jena, Germany). Se tomaron 80 ng/µl de cDNA y se añadió RT^2 SYBR Green Mastermix (Cat.330529, Quigen N.V.) para posteriormente alicuotarlo dentro del arreglo RT^2 profiler PCR Array (PAHS-027SZ, Quiagen N.V.) y ser leído dentro del termociclador Applied Biosystem de Bio-Rad. Finalmente, los datos fueron analizados dentro del programa de Quiagen, localizado en la siguiente liga: https://dataanalysis2.qiagen.com/pcr

Expresión de miR-200c
Para la expresión de mir-200c se tomaron 2 µl de RNA (100 ng/µl) de la línea celular HT-29 tratada con naringenina y BPA y se sintetizó el cDNA usando como iniciador el Stem Loop respectivo y el Kit SCRIPT cDNA Synthesis (Jena Bioscience GmbH; Jena, Germany, kit # 77176) bajo las siguientes condiciones: 50◦C por 40 min, 70◦C por 10 min; posteriormente se llevó a cabo el qPCR empleado el antisentido universal y el iniciador sentido específico para cada miRNA, se tomó como gen constitutivo el U6, sintetizado a través del cebador Oligo dT y para qPCR cebadores FWD y REV correspondientes. Las condiciones de qPCR para ambos fueron las siguientes: 95◦C por 2 min, 95◦C por 0.05 s, 60◦C por 20 s, y 65◦C por 10 s empleando el kit RadiantTM Green Hi-ROX qPCR (Radiant molecules. Alkali Scientific Inc kit # QS2005).

Tabla 2. Secuencias de Stem Loop e iniciador específico de miR-200c, antisentido universal y secuencia Foward y Reverse de U6.

Stem Loop miR-200c	**5'-GTTGGCTCTGGTGCAGGGTCCGAGGTATTCGCACCAGAGCCAACTCCA TC - 3'**
Antisentido universal	5' - GTGCAGGGTCCGAGGT - 3'
Iniciador específico miR-200c	5' - TGGGTTAATACTGCCGGGTAAT - 3'
REV U6	5'- AAAATATGGAACGCTTCACGAAT – 3'
FWD U6	5'- CGCTTCGGCAGCACATATACTA – 3'

Análisis estadístico
Los resultados se analizaron con mediante una prueba de varianza ANOVA de dos y una vía, seguido de una prueba *post hoc* comparando los tratamientos (Tukey). El análisis se realizó con el programa Prism 8.

Resultados

El metabolismo microbiano en el proceso de fermentación produce metabolitos como 3HPP.
Para la determinación de subproductos obtenidos durante el proceso de fermentación (6, 12 y 24 h) bajo la metodología de HPLC se emplearon los siguientes estándares: naringenina, ácido 3(3-hidroxifenil) propiónico, ácido 3(2,4-Dihidroxifenil) propiónico, ácido 3,4 dihidroxifenil acético, ácido 3,4 dihidroxibenzoico, homo vanillico, 4-metilcatecol y *p*-cumárico. De éstos únicamente se detectaron naringenina y ácido 3(4-hidroxifenil) propiónico a una absorbancia de 280 nm.

En la Tabla 3 se observa una disminución de los mismos compuestos a medida que transcurre el tiempo de fermentación, teniendo una

concentración de naringenina a las 6h de 148.19 ng/µl y disminuyendo a 113.43 ng/µl a las 24h; la misma tendencia se observa con el ácido 3(3-hidroxifenil) propiónico, donde a las 6h de fermentación se obtiene una concentración de 42.52 ng/µl y finalmente a las 24h se obtiene una concentración de 8.19 ng/µl; posiblemente resultado del metabolismo microbiano en el cual se generan otros subproductos a medida que transcurre el tiempo.

Tabla 3. Cantidad de naringenina y ácido 3(3-hidroxifenil) propiónico (ng/µl) determinados en el EF (6,12 y 24 h) por HPLC.

	Cantidad de compuesto (ng/µl)	
Tiempo de fermentación	Naringenina	3(3-hidroxifenil) propiónico
6h	148.19 ±2.6 [a]	42.52 ± 4.38 [a]
12h	136.41 ± 8.6 [a]	29.08 ± 3.09 [b]
24h	113.43 ± 1.49 [b]	8.19 ± 3.41 [c]

Los resultados son expresados ± EE, y representa el promedio de 2 experimentos independientes con 4 réplicas. Diferente letra expresa diferencia estadística por la prueba de Tukey $p<0.05$.

Naringenina y EF disminuyen la viabilidad celular en coexposición con BPA. Respecto a la viabilidad en células HT-29 tratadas con naringenina (50-500 µM) y EF (25-43%) como se observa en la Figura 1, a medida que aumenta la concentración del tratamiento, disminuye la viabilidad de las células, obteniendo una IC_{50} de 150 µM cuando son tratadas con naringenina y de 37% (153 µM de naringenina y 18.20 µM de ácido 3(4-hidroxifenil) propiónico) cuando son tratadas con EF.

Además, como se puede observar en la Figura 2, una vez que son coexpuestas con BPA, el efecto en la viabilidad se mantiene. Cabe resaltar que por sí solo el tratamiento de BPA, así como el tratamiento Blanco, el cual consta del medio de cultivo donde se lleva a acabo la fermentación, tienen una disminución en la viabilidad con respecto al control, misma que no presenta biológicamente un efecto importante.

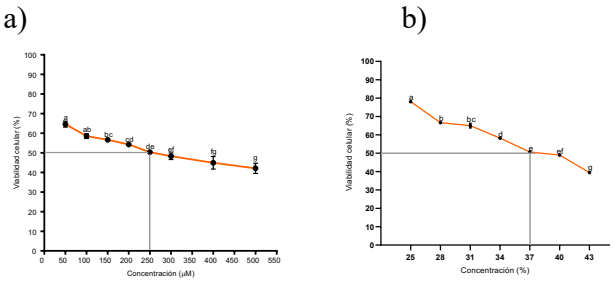


Figura 1. Curva dosis-respuesta a) 25-500 µM de naringenina, b) 25-45% de extracto de fermentación de la naringenina (EF) con 24 h de exposición. Los resultados son expresados ± EE, y representa el promedio de 3 experimentos independientes con 3 réplicas. Diferente letra indica diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$).
Datos normalizados con control negativo.

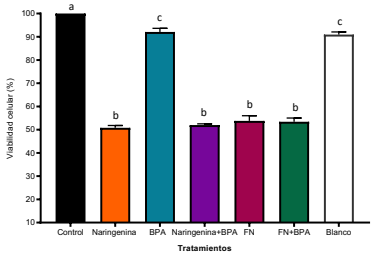


Figura 2. Efecto de la coexposición de naringenina (IC_{50} 250 µM) y extracto fermentado (EF) (IC_{50} 37%) con 4.4 µM de BPA en células HT-29 a 24 horas. Blanco 10% (blanco de fermentación). Los resultados son expresados ± EE, y representa el promedio de 3 experimentos independientes con 3 réplicas. Diferente letra indica diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$).
Datos normalizados con control negativo.

Naringenina y EF inducen la muerte apoptótica y BPA a través de necrosis en células de cáncer de colon. Como se observa en la Figura 3, el mecanismo de muerte principal en las células tratadas con EF y naringenina con o sin BPA es por apoptosis y en aquellas que son tratadas con únicamente con BPA la necrosis representa el principal mecanismo de muerte.

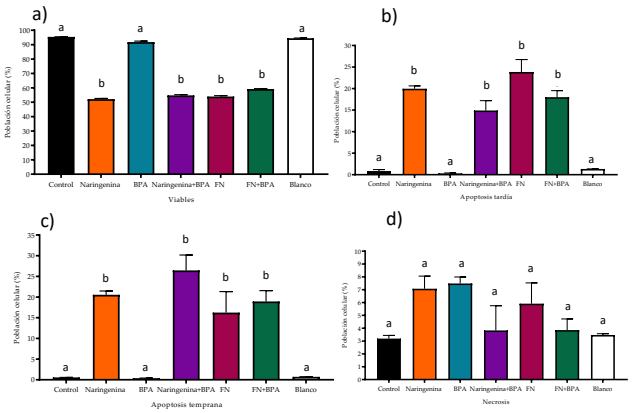


Figura 3. Efecto de la coexposición de naringenina (IC_{50} 250 µM) y FN (IC_{50} 37%) con BPA (4.4 µM) en células HT-29 a 24 horas.
Blanco 10% (blanco de fermentación).a) Células viables, b) Células con necrosis, c) Células en apoptosis temprana, d) Células en apoptosis tardía. Los resultados son expresados como porcentaje de población celular (%) ± EE, y representa el promedio de 2 experimentos independientes con 2 réplicas. Diferente letra indica diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$).

EF y naringenina inducen de manera significativa la expresión de REβ . El REβ relacionado con promover mecanismos de apoptosis celular, se encuentra más expresado en células tratadas con naringenina (5.3 *fold* ± 0.8) y EF (13.67 *fold* ± 2.0) con respecto a las células control y con una clara diferencia una vez que son coexpuestas con BPA (naringenina + BPA; 1.53 *fold* ± 0.9 y EF + BPA (6.56 *fold* ± 0.2), lo que evidencia un claro efecto negativo del BPA sobre la expresión de éste receptor (Figura 4).

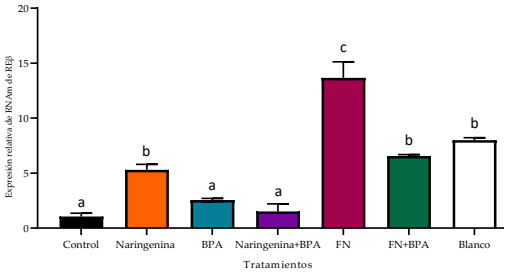


Figura 4. Expresión relativa de ARNm de REβ normalizado con β-actina en células HT-29 tratadas con Naringenina (150 µM), BPA (4.4 µM), Naringenina (250 µM) + BPA (4.4 µM), FN(37%), FN (37%) +BPA (4.4 µM) y blanco de fermentación 10%. Los resultados son expresados como expresión relativa ± EE, y representa el promedio de 2 experimentos independientes. Diferente letra indica diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$).

La coexposición de EF y naringenina con BPA además de promover apoptosis mitocondrial también promueve apoptosis por la vía extrínseca. Se analizaron 84 genes relacionados con la cascada de señalización de p53. En la Tabla 5 se muestran algunos genes que evidencian con mayor claridad el mecanismo molecular involucrado según el tratamiento empleado.

miR-200c expresado bajo el tratamiento de BPA inhibe PTEN y Puma. La expresión de miR-200c (Figura 5) se encuentra elevada tanto en tejido como en suero de pacientes con cáncer de colon y se relacionada con metástasis y un mal pronóstico de vida (J. Chen et al., 2014; Pan et al., 2015). Algunos RNAm diana son los que codifican a PTEN y Puma importantes en el proceso de apoptosis y control de crecimiento celular, por lo que la pérdida de ellos implica riesgos en el desarrollo de CC. Las células tratadas con BPA presentan una sobre expresión del mismo en comparación a las células control (2.94 fold ± 0.4) lo que sugiere promoción del proceso carcinogénico bajo este tratamiento.

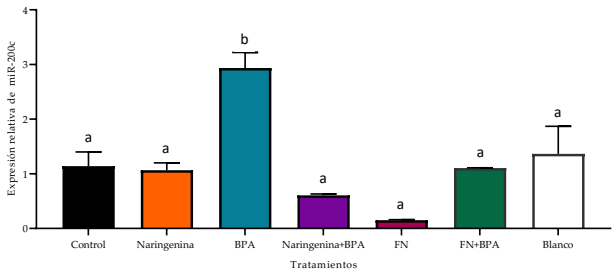


Figura 5. Expresión relativa de miR-200c normalizado con U6 en células HT-29 tratadas con Naringenina (150 µM), BPA (4.4 µM), Naringenina (250 µM) + BPA (4.4 µM), FN(37%), FN (37%) +BPA (4.4 µM) y blanco de fermentación 10%. Los resultados son expresados como expresión relativa ± EE, y representa el promedio de 2 experimentos independientes Diferente letra indica diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$)

Tabla 5. Expresión de genes relacionados con apoptosis de ceúlas HT-29 tratadas con naringenina, EF y BPA con regulación positiva o negativa >2 *fold* con respecto a las células control empleando β-Actina y GAPDH como housekeeping.

Símbolo	Descripción	Naringenina	BPA	Naringenina+BPA	EF	EF+BPA
		fold change				
CASP2	Apoptosis/inflamación	2.14	8.11	75.85	8.63	58.28
CASP9	Apoptosis	3.99	*-1.06*	*1.47*	64.89	39.81
CRADD	Inducción de apoptosis	2.96	*-1.48*	2.2	*1.39*	10.59
FADD	Inducción de apoptosis	*1.41*	*-1.07*	*1.19*	*-1.06*	2.05
FAS	Inducción de apoptosis	*1.01*	*1.43*	12.08	2.13	15.3
FASLG	Inducción de apoptosis	*1.86*	*-1.31*	35.38	4.63	52.16
MDM2	Apoptosis	*1.14*	*1.46*	21.63	2.85	36.13
MDM4	Apoptosis	*-1.39*	*1.66*	3.80	*-1.27*	2.24
PTEN	Apoptosis, detención de ciclo celular	2.70	-3.46	*1.20*	*1.73*	6.99
TNFRSF10B	Inducción de apoptosis	*1.08*	*1.23*	3.59	*1.75*	3.64
TNFRSF10D	Inducción de apoptosis	4.98	*-1.13*	7.39	*-1.15*	4.84
TP63	Inducción de apoptosis	2.11	*-1.24*	40.09	6.32	66.95
TP73	Inducción de apoptosis	3.99	*1.12*	75.85	2.64	101.48
TRAF2	Inducción de apoptosis	*1.21*	*-1.20*	2.49	*1.36*	4.10
BIRC5	Antiapoptótico	*1.36*	*1.41*	4.04	*3.12*	21.63
MCL1	Antiapoptosis	*1.12*	*-1.17*	2.42	*1.47*	4.01
MDM2	Apoptosis	*1.14*	*1.46*	21.63	*2.85*	36.13
MDM4	Apoptosis	*-1.39*	*1.66*	3.80	*-1.27*	2.24
TADA3	Regulador positivo de ciclo celular	*1.39*	*-2.66*	1.66	*-1.17*	-9.68
WT1	Regulación negativa del ciclo celular	*1.39*	*1.02*	2.35	*-10.06*	-2.26
ADGRB1	Inhibidor de la angiogénesis	*-1.11*	*-1.04*	16.51	*2.39*	16.06
DNMT1	Metilación	*-1.05*	*1.01*	3.59	*1.21*	2.06
ESR1	Proliferación, diferenciación	*1.11*	*3.63*	21.04	*1.01*	10.27

Discusión y conclusiones

Las células HT-29 tratadas con naringenina y EF exhiben un aumento en la expresión de CASP-9 (+3.99, 64.89 *fold* respectivamente) con respecto a las células control, lo que nos sugiere que la naringenina promueve apoptosis por activación de caspasa-9. Algunos autores han reportado la misma actividad en células HT-29 tratadas con algunos flavonoides como kaempferol en concentraciones de 40 y 60 µM, expuesto durante 48 h, donde se ha observado que dicho flavonoide promueve apoptosis mediada por las dos vías tanto extrínseca, sustentado por el aumento en la expresión de FAS-L que activa a caspasa-8 que finalmente conduce a la escisión de Bid y la activación de caspasa-3, y también el kaempferol activa la apoptosis por la vía intrínseca, demostrada por el aumento de citocromo C, que activa caspasa-9 y caspasa-3 (Lee et al., 2014).

También se observó un aumento en la expresión de CASP-2 bajo los diferentes tratamientos con excepción de BPA y naringenina+BPA; la cual codifica una proteína que dependiendo de la señalización puede estar involucrada en mecanismos apoptóticos o no apoptóticos, así como inflamatorios. Un gen que puede ayudar a discernir la vía de señalización involucrada es CRADD, ya que codifica la proteína que contiene el dominio de reclutamiento de caspasa y el dominio de muerte (DD) (también conocida como RAIDD) necesaria para la activación de la caspasa-2 como proteína pro-apoptótica; en el presente estudio, la naringenina y EF aumenta la expresión de CASP-2 y CRADD (2.96, 1.39 *fold*). Además también se encuentra sobre-expresado TNFRSF10D (+4.98 fold) en el caso de las células bajo el tratamiento de naringenina, gen que codifica el receptor TRAILR1 vinculado con promover procesos de proliferación como de apoptosis y pudiera estar regulando la vía extrínseca de la apoptosis mediada por naringenina. Las células tratadas con BPA también exhiben un aumento de CASP-2 (+8.11 fold), sin embargo no existe el aumento en la expresión de algún otro gen que sustente una vía que promueva apoptosis; de manera contraria, BPA reguló negativamente BBC3 (-4.96 fold), gen que se encuentra vinculado con promover apoptosis, es conocido comúnmente como PUMA por lo que probablemente pudiera estar modulando procesos proinflamatorios como también se ha descrito (Bouchier-Hayes et al., 2010; Di Donato et al., 2016; Vigneswara et al., 2020).

Además de los genes ya mencionados, la naringenina también promovió la expresión de TP73 y EF, teniendo mayor impacto cuando se encuentra en coexposición. Dabiri et al., (2019) estudiaron el papel de TP73 en células HT-29, las cuales tienen p53 mutado, evidenciando por inmunohistoquímica la presencia de p73 tanto en núcleo como en citosol tras ser tratadas con bortezomil, un quimioterapéutico empleado por su acción de inhibidor de proteosoma y por lo tanto promotor de detección de ciclo celular y promotor de apoptosis; por lo que los resultados evidencian el papel de TP73 en apoptosis celular al existir una mutación en TP53, recordando que TP73 se encuentra dentro de la familia de los genes supresores de tumores TP53. Algunos autores como Herreros-Villanueva et al (2010), demostraron que la expresión de TP73 es dependiente de B-Raf, los hallazgos encontrados en nuestro ensayo cobran mayor peso por el efecto encontrado en la expresión de TP73 bajo el tratamiento de naringenina. A su vez, naringenina induce a Reprimo (RPRM) (+3.15 fold) que codifica una proteína que participa en la detención del ciclo celular en la fase G2/M dependiente de p53 y p73, y la pérdida de su expresión se ha relacionado con etapas más invasivas de cáncer gástrico (Saavedra et al., 2015). Más aún, se ha observado la hipermetilación de RPRM en diferentes tipos de cáncer y en células de cáncer de mama, mecanismos asociados a ERα. También TP73 se encuentra río arriba de PUMA, el cual tuvo una sobreexpresión de +1.46 fold bajo el tratamiento de naringenina (Hang et al., 2001; Hamilton et al., 2006; Sato et al., 2006; Ming et al., 2008; Buchegger et al., 2017).

MyoD, otro gen que se encuentra sobreexpresado bajo el tratamiento de naringenina (+3.99 fold) es un factor de diferenciación muscular, que en células HT-29 se ha demostrado su efecto inhibitorio de proliferación celular, además de disminuir la expresión de mRNA de E-cadherina y vimentina, ambos promotores de la transición epitelio-mesenquimal (EMT) (Sun et al., 2019).

PTEN es otro gen que se encuentra a la alza en células tratadas con naringenina (+2.7 fold). Tili et al., (2010) encontraron que las células SW480 bajo el tratamiento de 50 μM de resveratrol aumenta la proteína PTEN, encargada de mediar apoptosis, detención del ciclo celular e inhibición de la invasividad. Li et al (2014) reportaron una disminución en la expresión proteica en células de cáncer de mama tratadas con 10 μM de BPA relacionada con un aumento en la proliferación celular y un mayor porcentaje de células en fase S del ciclo celular, como lo encontrado en el presente proyecto donde el BPA disminuye la expresión de este gen (-3.46 fold). Además, señalaron que 1 μM de curcumina contrarrestaba dicho efecto, por lo que se propone que la naringenina pudiera estar actuado de manera parecida. Algunos autores han

reportado una correlación entre la sobreexpresión de REβ y PTEN; de manera contraria al efecto que tiene REα sobre el mismo gen, por lo que la baja y alta expresión de PTEN en células tratadas con BPA y naringenina respectivamente pudiera tener relación con RE; es importante resaltar que uno de los mecanismos por los cuales se modula la expresión de este gen es por el silenciamiento postranscripcional dado por algunos micro RNAs, como miR-200c, el cual se puede unir a la región 3´UTR del gen silenciándolo (Noh, et al., 2011). Además; algunos autores han descrito una correlación entre la expresión de REα y miR-200c, por lo que uno de los mecanismos por los cuales el BPA pudiera estar modulando la expresión de PTEN es mediada por REα promueve la expresión de miR-200c y esta inhibe PTEN (Cochrane et al., 2010).

BPA también moduló algunos otros genes de manera negativa como ATR (ATM-Relacionadas con Rad3) (-2.16 fold), cuyas proteínas reconocen el daño del DNA y su activación detiene el ciclo celular en las etapas G1, S o G2. Dicho proceso puede ser mediado por la acción de quinasas de punto de control CHK1 y CHK2; por lo que la disminución en la expresión evitaría la detención del ciclo celular, en células tratadas con BPA bajo el presente estudio (Groh et al., 2017).

Finalmente, SIRT1 es una histona desacetilasa dependiente de nicotinamida adenosina dinucleótido (NAD/NADH) (HDAC); es activada por ciclina B/y Cdk1 sufre cambios postraduccionales que aumentan su actividad. Por lo que es probable que bajo la influencia de algunos compuestos como el BPA también tenga algún tipo de cambio. En el presente estudio se observó una disminución en la expresión del mismo (-3.18 fold). En cáncer de mama se ha relacionado su papel como coactivador de ERα; sin embargo, algunos otros autores han evidenciado su actividad como represor frente a este receptor. En células de cáncer de ovario la pérdida de la expresión de SIRT1 se encuentra relacionado con una mayor expresión de ERβ; por lo anterior, posiblemente dependiendo de la estirpe celular y de la condiciones de la misma, puede que SIRT1 funcione como coactivador o represor de los distintos ER, lo cual explicaría la baja expresión de SIRT1 con la baja expresión de ERβ y la alta expresión de ERα bajo el tratamiento del BPA (Lin et al., 2010; Yao et al., 2010; Pinto et al., 2018).

En conclusión, los tratamiento EF y naringenina exhiben efectos quimioprotectores dependientes de la regulación de REs. A su vez se evidencia que la vías de muerte celular incluyen tanto la vía apoptótico extrínseca como mitondrial y que la expresión de miR-200c tiene un papel promotor en carcinogénesis, mismo que se encuentra modulando la expresión de genes como PTEN y PUMA, importantes en procesos apoptóticos.

Bibliografía

Acconcia, Filippo, Valentina Pallottini, y Maria Marino. 2015. «Molecular Mechanisms of Action of BPA». *Dose-Response* 13 (4). https://doi.org/10.1177/1559325815610582.

Caiazza, Francesco, Elizabeth J. Ryan, Glen Doherty, Desmond C. Winter, y Kieran Sheahan. 2015. «Estrogen Receptors and Their Implications in Colorectal Carcinogenesis». *Frontiers in Oncology* 5 (febrero). https://doi.org/10.3389/fonc.2015.00019.

Chen, Zhuo-Jia, Kun-Shui Zhang, Li-Chen Ge, Hao Liu, Li-Kun Chen, Jun Du, y Hong-Sheng Wang. 2016. «Signals Involved in the Effects of Bisphenol A (BPA) on Proliferation and Motility of Leydig Cells: A Comparative Proteomic Analysis». *Toxicology Research* 5 (6): 1573-84. https://doi.org/10.1039/c6tx00258g.

Cochrane, Dawn R., Diana M. Cittelly, Erin H. Howe, Nicole S. Spoelstra, Erin L McKinsey, Kelly LaPara, Anthony Elias, Douglas Yee, y Jennifer K. Richer. 2010. «MicroRNAs Link Estrogen Receptor alpha Status and Dicer Levels in Breast Cancer». *Hormones & cancer* 1 (6): 306-19. https://doi.org/10.1007/s12672-010-0043-5.

Dong, S., S. Terasaka, y R. Kiyama. 2011. «Bisphenol A Induces a Rapid Activation of Erk1/2 through GPR30 in Human Breast Cancer Cells». *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)* 159 (1): 212-18. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.09.004.

Elbanna, Hosam Ghazy, Mohamed Awad Ebrahim, Amr Medhat Abbas, Khaled Zalata, y Maha Abo Hashim. 2012. «Potential Value of Estrogen Receptor Beta Expression in Colorectal Carcinoma: Interaction with Apoptotic Index». *Journal of Gastrointestinal Cancer* 43 (1): 56-62. https://doi.org/10.1007/s12029-010-9214-4.

Groh, Isabel Anna Maria, y Melanie Esselen. 2017. «Methyleugenol and Selected Oxidative Metabolites Affect DNA-Damage Signalling Pathways and Induce Apoptosis in Human Colon Tumour HT29 Cells». *Food and Chemical Toxicology* 108 (octubre): 267-75. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.08.014.

Lin, Jia-Ni, Victor Chia-Hsiang Lin, Kun-Ming Rau, Po-Chuen Shieh, Daih-Huang Kuo, Jia-Ching Shieh, Wei-Jen Chen, Shih-Chang Tsai, y Tzong-Der Way. 2010. «Resveratrol Modulates Tumor Cell Proliferation and Protein Translation via SIRT1-Dependent AMPK Activation». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (3): 1584-92. https://doi.org/10.1021/jf9035782.

Noh, Eun-Mi, Young-Rae Lee, Kee-Oh Chay, Eun-Yong Chung, Sung Hoo Jung, Jong-Suk Kim, y Hyun Jo Youn. 2011. «Estrogen Receptor α Induces Down-Regulation of PTEN through PI3-Kinase Activation in Breast Cancer Cells». *Molecular Medicine Reports* 4 (2): 215-19. https://doi.org/10.3892/mmr.2011.412.

Pan, Yi, Hongwei Liang, Weixu Chen, Hongjie Zhang, Nan Wang, Feng Wang, Suyang Zhang, et al. 2015. «microRNA-200b and microRNA-200c promote colorectal cancer cell proliferation via targeting the reversion-inducing cysteine-rich protein with Kazal motifs». *RNA Biology* 12 (3): 276-89. https://doi.org/10.1080/15476286.2015.1017208.

Pinton, Giulia, Stefan Nilsson, y Laura Moro. 2018. «Targeting Estrogen Receptor Beta (ERβ) for Treatment of Ovarian Cancer: Importance of KDM6B and SIRT1 for ERβ Expression and Functionality». *Oncogenesis* 7 (2): 1-11. https://doi.org/10.1038/s41389-018-0027-9.

Sun, Huapeng, Aixia Tian, Jin Zhang, Xiaofeng Liao, y Na Zhang. 2019. «Epithelial-Mesenchymal Transition Induced by MyoD Inhibits Growth of High Metastatic Colorectal Cancer». *Medical Hypotheses* 130 (septiembre): 109285. https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.109285.

Tili, Esmerina, Jean-Jacques Michaille, Hansjuerg Alder, Stefano Volinia, Dominique Delmas, Norbert Latruffe, y Carlo M. Croce. 2010. «Resveratrol Modulates the Levels of MicroRNAs Targeting Genes Encoding Tumor-Suppressors and Effectors of TGFβ Signaling Pathway in SW480 Cells». *Biochemical Pharmacology* 80 (12): 2057-65. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2010.07.003.

Yao, Yuan, Hongzhe Li, Yansong Gu, Nancy E. Davidson, y Qun Zhou. 2010. «Inhibition of SIRT1 deacetylase suppresses estrogen receptor signaling». *Carcinogenesis* 31 (3): 382-87. https://doi.org/10.1093/carcin/bgp308.

Ultrasonido Terapéutico y sus efectos térmicos medidos con termografía

Martínez Aguilar, Violeta, Licenciatura en Fisioterapia, Universidad Autónoma de Querétaro. martinezaguilarvioleta@gmail.com
Chávez González, Teresa Montserrat, Licenciatura en Fisioterapia, Universidad Autónoma de Querétaro. montserratchavezft@gmail.com
Dr. Cruz Albarrán, Armando Irving, Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería, Campus San Juan del Río. irving.cruz@uaq.mx
M.A. Morales Hernández, Arely Guadalupe Coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Rehabilitación en el Movimiento Humano. Universidad Autónoma de Querétaro. arely.morales@uaq.mx

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es determinar la duración del efecto térmico del ultrasonido continuo (USC) a 3 MHz aplicado al músculo gastrocnemio izquierdo, a través de termografía. Se utilizó un ultrasonido terapéutico BTL-5000 SWT POWER; cámara termográfica FLIR A310; software de análisis y un medidor de calidad de aire. Se aplicó a 30 voluntarios sanos (19-24 años), divididos en dos grupos equitativos. Desarrollado en una sola sesión con dosificaciones diferentes de USC para cada grupo: 3 MHz, 1W/cm2 por 5 minutos (D1); y, 3 MHz, 0.5W/cm2 por 10 minutos (D2). El registro de la temperatura fue a través de 5 fotografías: antes y después de la aplicación, y 5,10 y 15 minutos posteriores. Analizando el comportamiento de la temperatura con un software de interpretación. Obteniendo que el incremento de la temperatura, en D1 y D2, se mantuvo por más de 5 minutos. Dicho aumento inició a partir de 5 minutos posteriores a la aplicación y los incrementos de temperatura a los 5, 10 y 15 minutos fueron: 2.53°C, 3.17°C y 3.37°C (D1); y, 2.06°C, 2.79°C y 3.01°C (D2). Concluyendo que el efecto térmico dura de 5-10 minutos, el cual se obtiene solo con pautas de dosificación específicas, destacando que el máximo efecto terapéutico se obtuvo 10 minutos posteriores a la aplicación. Aunque el incremento se da en ambas dosificaciones, D1 logra un mayor incremento en menor tiempo; generando una dosificación y aplicación de USC eficiente y adecuada.

Palabras clave: Ultrasonido continuo, termografía, efecto térmico y músculo gastrocnemio.

ABSTRACT

The object of this job is to determine the duration of the thermal effect of continuous ultrasound (USC) at 3 MHz applied to the left gastrocnemius muscle through thermography. It used a therapeutic ultrasound BTL-5000 SWT POWER; thermography camera FLIR A310; analysis software; air quality meter. Applicated to 30 volunteers (19-24 years) divided into two equal groups. With just one session of application with different USC dosages for each group: 3 MHz, 1W/cm2 for 5 minutes (D1); y, 3 MHz, 0.5W/cm2 for 10 minutes (D2). The temperature recording was registered through 5 photographs: before and after the application; and, 5, 10 and 15 minutes later. Analyzer the temperature comportment with interpretation software. The result was that the temperature increase, on D1 and D2, was maintained for more than 5 minutes. This increase started 5 minutes after the application. The temperature increases to 5, 10 and 15 minutes were: 2.53°C, 3.17°C and 3.37°C (D1); and, 2.06°C, 2.79°C and 3.01°C (D2). The thermal effect lasts 5-10 minutes, this effect is obtained only with specific dosages; having the maximum therapeutic effect 10 minutes after application. Although the increase was in both dosages, D1 achieves a greater increase in less time; therefore an dosage and application of USC is efficient and appropriate.

Key words: Therapeutic ultrasound, thermographic, thermic effect and gastrocnemius muscle.

INTRODUCCIÓN

En términos generales, el ultrasonido terapéutico es considerado un agente de penetración profunda que consiste en ondas sonoras que transmiten energía (Cameron, 2014). De esta manera, interactúa con los tejidos del cuerpo provocando vibraciones que dan como resultado un efecto térmico (Starkey, 2013).

El ultrasonido continuo (USC) es un agente físico utilizado en fisioterapia para tratar lesiones crónicas de tipo musculoesqueléticas y otros tejidos blandos, como tendones y ligamentos. Dentro de sus efectos benéficos se encuentran el cambio en la permeabilidad de la membrana; el favorecimiento de la extensibilidad del tejido conectivo; la modificación de la conducción nerviosa; así como, el incremento de la temperatura en el tejido.

Tal incremento en la temperatura muscular era antes cuantificado por medio de termómetros intramusculares, que generaban un riesgo de lesión o infección en el paciente (Draper et al, 1993). Por lo tanto, surge la necesidad de implementar nuevas herramientas que mida el efecto térmico generado por el USC, y así fundamentar los lineamientos idóneos de este agente físico a utilizar en el tratamiento de afecciones musculoesqueléticas.

La termografía infrarroja (TI) es una técnica que mide la temperatura o el calor irradiado a distancia de un cuerpo, sin necesidad de contacto físico con el objeto estudiado, mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético por medio de una cámara (Alvarado et al, 2018).

La TI en el ámbito de la fisioterapia ha sido utilizada en aplicaciones relacionadas con la higiene, seguridad laboral y ergonomía, así como, en la detección de lesiones musculares porque se considera una herramienta de análisis viable.

La realización del presente estudio pretende determinar la duración del efecto térmico a corto plazo del USC a 3 MHz en el tejido musculoesquelético, en individuos sanos. Dicho objetivo ayudará a la toma de decisiones sobre su uso, efectos, precisión y, sobre todo, conocer la seguridad de elección de dicho agente para el tratamiento de lesiones específicas. Michlovitz en 2012 recalcó la necesidad de ensayos bien diseñados que utilizan ultrasonido terapéutico para determinar el beneficio y dosis que afectarían de manera positiva en los pacientes.

De esta manera, este trabajo contribuirá al desarrollo de la fisioterapia basada en evidencia, impulsando la elección del tratamiento adecuado con base en el conocimiento científico y razonamiento clínico.

METODOLOGÍA

1.1 Tipo de estudio

Estudio cuasi experimental del tipo antes y después, longitudinal y prospectivo.

1.2 Selección de la población

Se realizó un muestreo por cuotas, no probabilístico por conveniencia. Con un total de 30 jóvenes, que cumplieran con los criterios de selección; generando dos grupos aleatorios de 15 personas para cada dosificación.

Los criterios de inclusión fueron:

- Jóvenes que participaran de manera voluntaria en la investigación con previo consentimiento informado.
- Rango de edad de 19 a 24 años.
- Criterios de exclusión
- Presencia de tromboflebitis o alteraciones hemodinámicas.
- Presencia de traumatismo musculoesquelético en los últimos seis meses.
- Jóvenes que por su actividad física estén expuestos a traumatismos constantes en miembro inferior.
- Alteración de la sensibilidad en miembro inferior.

- Heridas abiertas, erupción cutánea, inflamación o infección.
- Enfermedad autoinmune.
- Sensibilidad a la terapia con ultrasonido terapéutico.

1.3 Materiales

Para la aplicación se utilizó: 1) Ultrasonido terapéutico BTL-5000 SWT POWER; 2) Cámara FLIR A310, con una resolución de 320 x 240 pixeles y una sensibilidad térmica de 0.05 a 30°C, colocado a una distancia aproximada de 1.2 mts. del objetivo; 3) Software de la cámara; 4) Termómetro digital y láser; 5) Aire acondicionado.

En el software de la cámara se registró: temperatura ambiental de 20°C con una variación de ± 2°C; y el porcentaje de humedad relativa entre 40 y 60% (ambas obtenidas con un medidor de calidad de aire); así como, la temperatura del músculo gastrocnemio de la pierna izquierda (obtenida a través de un termómetro láser).

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.

1.4 Método

Se dio a conocer una convocatoria abierta donde se describió el objetivo del protocolo, así como los criterios de inclusión y exclusión.

A cada participante se le entregó un consentimiento informado para que conociera de manera detallada la finalidad del estudio, así como, todos los requisitos para participar en él.

Se llegó a un acuerdo con todos los participantes para estipular la hora y la fecha en que se realizaría la aplicación del ultrasonido y la toma de las fotografías. La siguiente figura muestra la metodología empleada durante el estudio.

Fig. 1 Metodología



Se les pidió a los participantes que cumplieran con los siguientes requisitos:

- Presentarse con ropa cómoda y con short.
- Disponer del tiempo necesario para todo el proceso aproximadamente 1 hora.
- Presentarse 5 minutos antes de la hora estipulada.
- No utilizar ningún tipo de sustancia o cosmético en la piel de la zona a tratar.
- No realizar actividad física el día de la aplicación.
- No consumir alcohol o tabaco durante las últimas 72 horas.
- No consumir alimentos calientes o picantes previamente.
- No llevar ropa ajustada previamente.
- No presentar lesiones, alergias o erupciones sobre la zona a tratar.

El día de la aplicación, la temperatura de la sala se encontraba a 21°C, el participante se acondicionó durante 15 minutos sin moverse, ni cruzar piernas. Durante este lapso, se determinó la zona de

aplicación del US, con una plantilla de 10x5 cm marcada sobre la gastrocnemio porción medial, pierna izquierda. Y al término, se realizó la toma de la primera fotografía.

Posteriormente, el participante se colocó sobre una camilla y se inició la aplicación del USC con 2 ml de gel. Se utilizó un metrónomo que proporcionó retroalimentación auditiva para controlar la velocidad de movimiento al aplicar el ultrasonido.

Al término de la aplicación se tomó la segunda fotografía, a partir de ahí, se contabilizaron 5, 10 y 15 minutos donde se realizaron las tomas 3, 4 y 5.

A continuación, se muestra la recolección de imágenes capturadas por la cámara termográfica de un solo participante.

Fig. 2 Fotografías de participante



Etapa 1



Etapa 2



Etapa 3



Etapa 4



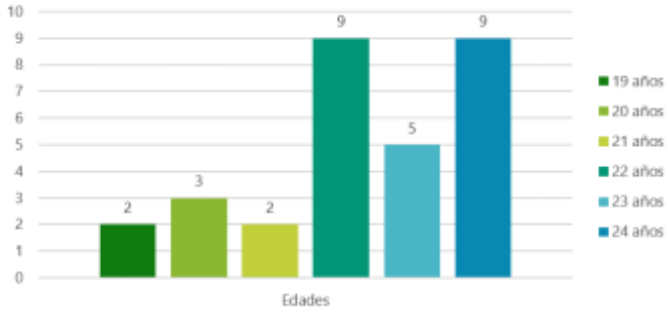
Etapa 5

Posteriormente, se realizó el análisis termográfico de cada fotografía y los datos arrojados fueron registrados en Excel para posteriormente realizar el análisis estadístico.

RESULTADOS

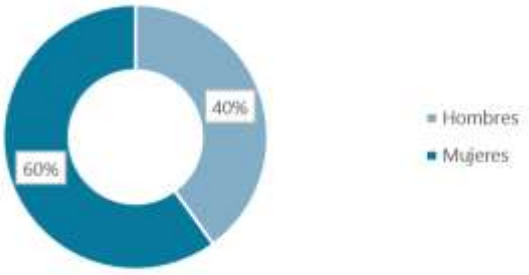
El presente estudio se realizó en 30 sujetos sanos con una edad promedio de 22.3 ±1.6 años, los cuales fueron divididos en dos grupos equitativos.

Fig. 3 Clasificación por edad.



De la muestra total el 40% fueron hombres y el 60% fueron mujeres. La aplicación se desarrolló, sobre el músculo gastrocnemio izquierdo, con dosificaciones diferentes de USC para cada grupo: 3 MHz, 1W/cm2 por 5 minutos (D1); y, 3 MHz, 0.5W/cm2 por 10 minutos (D2) realizada en una sola sesión.

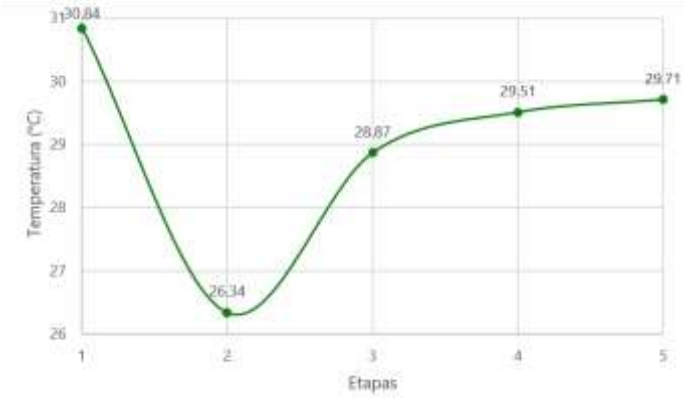
Fig. 4 Porcentajes de la diferencia de género.



En la siguiente gráfica de dispersión se muestra el comportamiento de la temperatura, de D1. El cual se divide en etapas:

- Etapa 1: temperatura basal.
- Etapa 2: al término de la aplicación.
- Etapa 3: 5 minutos posteriores a la aplicación.
- Etapa 4: 10 minutos posteriores a la aplicación.
- Etapa 5: 15 minutos posteriores a la aplicación.

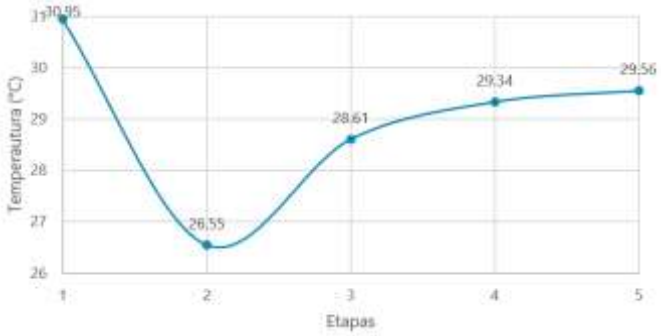
Gráfica 1. Comportamiento total de la temperatura en D1.



Cada etapa muestra el promedio de incrementos de temperatura, los cuales son: 2.53°C a los 5 minutos, 3.17°C a los 10 minutos y 3.37°C a los 15 minutos, correspondientes a D1. Posterior al término de la aplicación del USC, se observó un período de decremento de la temperatura (Etapa 2). Así, el incremento fue tomado y comparado a partir de dicha etapa.

De la misma manera, la gráfica 2 expone los cambios de temperatura ocurridos durante todo el protocolo en D2. Tomando en cuenta las 5 etapas mencionadas anteriormente. Se observan incrementos medios de 2.06°C a los 5 minutos, 2.79°C a los 10 minutos y 3.01°C a los 15 minutos, correspondientes a D2.

Gráfica 2. Comportamiento total de la temperatura en D2.



Se evidenció que, en ambos grupos finalizan con un aumento significativo de la temperatura.

De esta manera, la tabla 1 y 2 muestran todos los valores significativos para ambas dosificaciones, arrojados por el análisis estadístico de p (significancia); y, los valores de ΔT, los cuales refieren los incrementos de temperaturas por etapas.

Tabla 1. Significancia del aumento de la temperatura por etapas en D1.

Dosificación 1 3 MHz, 1 W/cm, 5 minutos				
	M1 (°C)	M2 (°C)	P	ΔT (°C)
Etapa 1-2	30.84	26.34	1.2894E-11	- 4.5
Etapa 2-3	26.34	28.87	3.0273E-10	2.53
Etapa 3-4	28.87	29.51	5.874E-06	0.84
Etapa 4-5	29.51	29.71	8.1485E-05	0.2
Etapa 1-5	30.84	29.71	3.2893E-09	1.13
Etapa 2-5	26.34	29.71	1.55698E-06	3.37

Donde M1 es la etapa inicial a comparar y M2 la etapa final de comparación, comparando de esta forma la temperatura por etapas.

Por ejemplo, para la primera comparativa, M1 es el valor de temperatura promedio de la Etapa 1 y M2 el valor de temperatura promedio de la Etapa 2.

Para la segunda comparativa, M1 es el valor de temperatura promedio de la Etapa 2 y M2 es el valor

de temperatura promedio de la Etapa 3. Teniendo en cada columna el mismo proceso consecutivamente.

Tabla 2. Significancia del aumento de la temperatura por etapas en D2.

Dosificación 2 3 MHz, 0.5 W/cm, 10 minutos				
	M1 (°C)	M2 (°C)	P	ΔT (°C)
Etapa 1-2	30.95	26.55	2.2247E-08	**- 4.4**
Etapa 2-3	26.55	28.61	4.2764E-07	**2.06**
Etapa 3-4	28.61	29.34	0.0001	**0.73**
Etapa 4-5	29.34	29.56	0.0007	**0.22**
Etapa 1-5	30.95	29.56	5.2706E-06	**1.39**
Etapa 2-5	26.55	29.56	5.55285E-07	**3.01**

DISCUSIÓN

Estudios previos han demostrado que existe un incremento de la temperatura tras la aplicación de USC en el tejido muscular, el cual depende de su densidad (Michlovitz et al, 2012).

Al analizar el comportamiento de la temperatura, en este estudio, se observó un decremento de temperatura, posterior a la aplicación tal como lo menciona Morishita (et al, 2014). El cual tuvo una duración de 5 minutos y a su término, inició el aumento de la temperatura, justo como se encontró en la investigación de Noble y colegas en 2007.

Por otro lado, Gallo y colaboradores obtuvieron como resultado que el tratamiento con ultrasonido continuo produce un aumento de la temperatura de 2,8 ° C ± 0,8 ° C por encima de la línea de base. En este estudio, se registró un aumento de la temperatura total de 3.37°C en D1 y 3.02°C en D2.

Leman y sus colegas informaron los efectos obtenidos tras la elevación de la temperatura del tejido, dependiendo los grados aumentados: 1°C incrementa la tasa metabólica; mientras que las elevaciones de 2°C a 3°C ocasionan reducción del dolor y espasmo muscular e incrementan el flujo sanguíneo. Los aumentos de 4°C o más son indispensables para incrementar la extensibilidad del colágeno e inhibir la actividad simpática (Michlovitz et al, 2012).

Para esta investigación, los incrementos específicos de temperatura a los 5, 10 y 15 minutos fueron: 2.53°C, 3.17°C y 3.37°C (D1); y, 2.06°C, 2.79°C y 3.01°C (D2). Generando los efectos térmicos esperados, tal como lo mencionaron Mitchlovitz (2012) y López Fernández (2017).

La mayoría de los efectos térmicos deben conservarse por un tiempo mínimo de 5 minutos, para ser un factor determinante en la eficacia de los tratamientos en fisioterapia (Knight & Draper, 2013). Esta investigación arrojó una duración del efecto térmico de 10 minutos. Destacando una ventana eficaz de tratamiento de 5 a 10 minutos. Demostrando la efectividad del ultrasonido continuo terapéutico.

CONCLUSIÓN

El ultrasonido terapéutico es una de las herramientas más utilizadas en la fisioterapia, sin embargo, existe mucha controversia de su acción y eficacia en el tratamiento. Implementar un protocolo sobre su efecto térmico y cuánto dura fue de notable beneficio, ya que, se abre una pauta de su correcto uso, modo de aplicación y, sobre todo, en qué momento combinarlo con otras técnicas terapéuticas.

La clave para obtener los beneficios de este agente físico, es su adecuado uso y dosificación. Los puntos a seguir para lo anterior mencionado es: determinar el área de aplicación, el cual debe ir relacionado al tamaño del cabezal del ultrasonido; recorrido del cabezal rítmico, con una técnica de pases específica; cuantificar la cantidad de gel, ya que, influye significativamente en el período de decremento de temperatura; dosificación específica de acuerdo a los efectos deseados.

En este estudio se da un inicio indispensable de que una buena dosificación con menor tiempo de

aplicación puede generar los mismos efectos térmicos sin necesidad de llevar el tratamiento a tiempos excesivos. Dando una pauta a los criterios de dosificación específicos para el tejido muscular.

Ya que la eficacia del tratamiento no depende de una sola técnica o agente físico, se toma en consideración que los efectos del USC son mejor aprovechados y potencializados al mezclarse con otras técnicas terapéuticas.

Sin embargo, la toma de decisiones en cuanto la combinación de técnicas, o su uso exclusivo, depende del criterio de cada profesional y de los objetivos y necesidades del plan de tratamiento.

Por otro lado, se destaca la termografía como una nueva herramienta para procesos diagnósticos o para verificar la efectividad de algunos tratamientos, en el ámbito de la fisioterapia. Además, se comprueba su efectividad en protocolos de investigación con agentes físicos y se destaca por ser un método no invasivo sin riesgo para la salud e integridad del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

Albornoz Cabello, M., Maya Martín, J., & Toledo Marhuenda, J. V. (2016). Electroterapia Práctica Avances en Investigación Clínica. Elservier.

Alvarado Castillo, E. G., & Villaseñor Morales, C. (2018). Análisis de estrés térmico en líneas de media baja de tensión. Verano de la Investigación Científica, 4(1).

Cameron, M. (2014). Agentes físicos en rehabilitación de la investigación a la práctica. (4th ed.). Elsevier.

Domínguez, E., Salazar, E., Gómez, E., & de Córdona, M. J. (2015). Neuro termografía y termografía psicosomática. Fundación Internacional Artecittà.

E.L. Pencue Fierro, D. B. (2015). Análisis de termografías infrarrojas dinámicas mediante técnicas de procesamiento de imágenes. Ciencia en desarrollo, 6(1), 127- 132.

Gutiérrez Vargas, R., Ugalde Ramírez, J. A., Rojas Valverde, D., Salas Cabrera, J., Rodríguez Montero, A., & Gutiérrez Vargas, J. C. (2017, Diciembre 05). La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de 36 horas de correr una maratón. Facultad de Medicina, 65(4), 601-7. http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n4.60638.

Hauck, M., Martinis, C. N., Moraes, M. B., Aikawa, P. (2019). Comparación de los efectos del ultrasonido terapéutico de 1 MHz y 3 MHz sobre la vasodilatación endotelial de humanos: un ensayo aleatorizado". Physiotherapy, 120-125.

Knight, K. L., & Draper, D. O. (2013). Therapeutic Modalities The Art and Science (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business

Marins, J., Fernández Cuevas, I., Amaiz Lastras, J., Fernandes, A., & Sillero Quintana, M. (2015, Diciembre). Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, 15(60), 805-824.

Noble JG, Lee V, Griffith-Noble F. Therapeutic ultrasound: the effects upon cutaneous blood flow in humans. Ultrasound Med Biol 2007;33: 279-85.

Rajmanova, P., & Nudzikova, P. (2015). Application and Technology of Thermal Imaging Camera in Medicine. IFAC, 48(4), 492-497. 10.1016/j.ifacol.2015.07.083

Starkey, C. (2013). Therapeutic Modalities (4th ed.). F.A. Davis.

Pita, M. J. (2015). Teoría y Problemas de Transmisión de Calor. UNED.

Análisis de la prevalencia de secuelas post COVID-19.

Resumen

El objetivo de este análisis fue establecer la prevalencia de las secuelas asociadas al post padecimiento de COVID-19, para ello se encuestó a 102 participantes, que previamente cursaron por la enfermedad.

La metodología de este estudio, se basó en la aplicación de una encuesta, empleando un formulario de Google, vía virtual. Las respuestas obtenidas se compararon entre sí, estableciéndose con ello el porcentaje de los síntomas de COVID-19 hallados con mayor frecuencia en los pacientes durante la enfermedad y después de la recuperación. A su vez, se registró la prevalencia de nuevos síntomas post COVID-19.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el principal síntoma presentado durante la enfermedad fue la fatiga, seguida por anosmia, dolor de cabeza, mialgia y ageusia. Siendo que, en la post recuperación, la fatiga continuó siendo el síntoma con mayor presencia. Dentro de la nueva sintomatología de aparición post COVID-19, se destacaron la pérdida de cabello y los desórdenes de atención y de sueño.

Todos los datos recabados fueron comparados con lo previamente establecido en bibliografía actual, constituyendo un análisis comparativo.

En base a los resultados obtenidos en este análisis, se aprecia la prevalencia de sintomatología en diferentes etapas de COVID-19, concluyéndose que al menos 50% de los participantes presentaron sintomatología tanto durante la enfermedad como post recuperación, así como la aparición de nueva sintomatología post COVID-19. Esta información obtenida, permitirá a este estudio fungir como base para futuros estudios.

Palabras clave: secuelas, COVID-19, sintomatología, prevalencia, México.

Abstract

This analysis aims to establish the prevalence of the sequelae associated with the post-COVID-19 disease; the survey sample included 102 participants who previously had the disease.

The methodology consisted in application of a survey, using a virtual Google form. The responses obtained were compared with each other, to establish the percentage of COVID-19 symptoms most frequently in patients during illness and after recovery. Besides, the prevalence of new post-COVID-19 symptoms was identified.

In the results observed, the main symptom presented during the disease was fatigue, followed by anosmia, headache, myalgia and ageusia. While, in the post-recovery period, fatigue continued to be the symptom with the greatest presence. In the new post-COVID-19 onset symptoms, hair loss, attention and sleep disorders stood out.

All the collected data were compared with previously established ones in the current bibliography, constituting a comparative analysis.

The results obtained in this analysis allow us to appreciate the relevance of the prevalence of symptoms in different stages of the COVID-19. Therefore, it can be concluded that at least 50% of the participants presented symptoms both during the disease and post-recovery, as well as in the appearance of new post-COVID-19 symptoms. The information received allowed this study to serve as a basis for future research.

Keywords: sequelae, COVID-19, symptomatology, prevalence, Mexico.

Introducción

La pandemia de COVID-19 tuvo sus inicios el 30 de Diciembre de 2019, cuando en Wuhan, China, se reportó un extraño tipo de neumonía, cuya rápida propagación encendió las alertas sanitarias de diferentes países (Buzai, 2020). Sin embargo, después de dos años, es una

enfermedad que continua en constante estudio, por la amenaza que representa para la salud de la población.

Durante este periodo de pandemia, múltiples decesos han tenido lugar, siendo la cifra de hasta 4.9 millones de muertes de acuerdo al medidor "Worldometer" (Worldometer, 2021). Sin embargo, existe una proporción de enfermos que, mediante tratamientos innovadores, cuidado hospitalario o una adecuada respuesta del sistema inmunológico han sobrellevado la enfermedad, logrando su recuperación. Desafortunadamente, no en todos los casos la recuperación ha sido completa, debido a que la sintomatología y gravedad de la enfermedad difiere de un paciente a otro, además de que se ha observado la persistencia de alteraciones en los pacientes, después de haber cursado el padecimiento (Artal, 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estipuló en 2020 que la sintomatología más frecuente del COVID-19 consta de fiebre, tos seca y fatiga, mientras que la disnea, anosmia, congestión nasal, dolor de garganta, dolor de cabeza, mialgias, artralgias, erupciones cutáneas, náuseas, vómito, diarrea, escalofríos y vértigo son menos frecuentes (OMS, 2020). No obstante, algunos de estos síntomas tienen una tendencia a prevalecer en el mediano y largo plazo, como es el caso de fatiga (58%), dolor de cabeza (44%), trastorno de atención (27%), pérdida de cabello (25%), disnea (24%), ageusia (23%) y anosmia (21%) (Lopez-Leon *et al*., 2021). Estos hallazgos coinciden con el estudio longitudinal realizado en 2020 por Mizrahi *et al*., con respecto a la dinámica de síntomas en COVID-19, en donde se observó que síntomas como disturbios emocionales, mareo y dolores de cabeza están presentes hasta 72 días después de la primera prueba positiva, resaltando que los síntomas más prevalecientes fueron tos (21%), fiebre (10.3%), mialgia (7.7%) y fatiga (5.9%). Por otra parte, los pacientes indicaron una prevalencia de tos del 21%, y fatiga del 19%, siendo los síntomas más prevalecientes durante la enfermedad (Mizrahi *et al*., 2020).

Actualmente no se ha publicado ningún estudio que contemple tanto la prevalencia de estas secuelas post recuperación, como la posibilidad de la aparición de nuevos síntomas desencadenantes del COVID-19 y su persistencia a largo plazo en México. Es por ello que este análisis tiene como objetivo establecer la prevalencia e identificar el surgimiento de nueva sintomatología relacionada con SARS-CoV-2, en una población de 102 participantes que cursaron con la enfermedad de COVID-19.

Metodología

1. Estrategia de búsqueda y diseño de encuesta.

Para la determinación de la estrategia de recolección de datos se realizó una búsqueda diferentes artículos en Google Scholar, PubMed y ELSEVIER, recopilando información referente a sintomatología de COVID-19 durante y después de la enfermedad.

Una vez identificados los artículos de referencia, se procedió a un primer diseño de encuesta, empleando un formulario de Google como medio de recolección de información. Se implementó este medio con el fin de facilitar la aplicación de la encuesta por vía virtual de acuerdo a las recomendaciones sanitarias actuales en el país.

Inicialmente se tenía un borrador con un total de 27 preguntas, que contemplaba datos generales del paciente, días de enfermedad, síntomas durante y después de la enfermedad, tratamiento, gravedad de la enfermedad y prueba diagnóstica empleada. Sin embargo, se redujo este número sin perder el objetivo del estudio y logrando reducir al máximo el tiempo de aplicación, de esta forma la encuesta final se enfocó en la sintomatología durante, y después de la enfermedad, a mediano y largo plazo, contando finalmente con 13 preguntas.

2. Participantes y determinación del tamaño de muestra.

El criterio para la selección del tipo de participantes del estudio fue que estos previamente hubieran cursado con la enfermedad.

Para el tamaño de la muestra, se consultó el total de casos de COVID-19 en México, para la fecha del 15 de Octubre de 2021 en

https://ourworldindata.org/coronavirus-data , donde se estableció que el total de casos para esa fecha fue de 3.75 millones (Ritchie *et al*., 2020). Posteriormente se empleó la calculadora de muestra disponible en la plataforma QuestionPro, considerando un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 10% (García-García, Reding-Bernal, & López-Alvarenga, 2013) y una población de 3,750,000 individuos. De acuerdo a estos parámetros, se determinó que el tamaño de muestra idóneo era de 97 participantes.

3. Recolección de datos.

Para la recolección de datos se difundió la encuesta a través de diversos medios de comunicación digitales, dejándose circular durante una semana. Transcurrido ese tiempo, se cerró la encuesta, reuniendo las respuestas de 102 participantes que previamente padecieron COVID-19.

4. Análisis estadístico.

El análisis de los datos se realizó mediante la obtención de los porcentajes correspondientes a las respuestas de cada una de las preguntas realizadas en la encuesta, con un total de 102 participantes en nuestra muestra (100%).

Las respuestas negativas a sintomatología, no fueron incluidas en los gráficos, pero se contemplaron en el cálculo de porcentajes.

Resultados

Se encuestaron 102 participantes, de los cuales el 61% fueron mujeres y 39% fueron hombres (Figura 1).

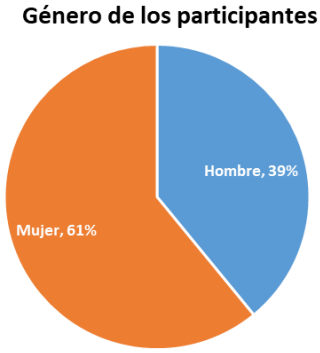


Figura 1. Género de los participantes.

De los 102 participantes, 95% fue sintomático. Los síntomas se clasificaron según su prevalencia (Figura 2), siendo que aproximadamente el 71% (70.6%, 72/106) de los pacientes presentaron fatiga durante la enfermedad COVID-19. Seguidas de anosmia, dolor de cabeza, mialgia y ageusia. Síntomas como fiebre, tos y artralgia se presentaron en más del 30% de los pacientes. Mientras que los síntomas menos frecuentes fueron ardor ocular, dolor de garganta y rinorrea.

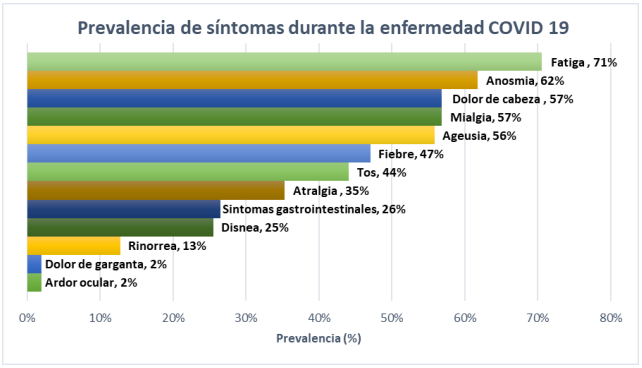


Figura 2. Prevalencia de síntomas durante la enfermedad de COVID-19.

De acuerdo a los síntomas reportados (Figura 2), se realizó una comparación con dos estudios realizados en 2020, el estudio de Carfi *et al*. 2020 Y el estudio de Tenforde *et al*. (Tabla 1). Se observa una prevalencia de fatiga, dolor de cabeza, mialgia y ageusia, similar a lo reportado en la bibliografía consultada. Por su parte, la prevalencia de anosmia fue mayor por más del 10%.

Tabla 1. Comparación de la prevalencia de síntomas durante la enfermedad de COVID-19.

Síntoma	Estudio actual	Carfi *et al.* 2020	Tenforde *et al*. 2020
Fatiga	71%	80%	69%
Anosmia	62%	43%	49%
Dolor de cabeza	57%	51%	60%
Mialgia	57%	58%	58%
Ageusia	56%	51%	50%

De los 102 pacientes encuestados, el 76.5% (78/102) afirmó la prevalencia de síntomas aún después de su recuperación de COVID-19. Lo cual se esquematizo de acuerdo a la cantidad de síntomas que persistieron (Figura 3). Alrededor del 61% continuó padeciendo de 1

a 3 síntomas, mientras que un 14% presento de 4 a 5 síntomas y sólo un 4% continúo presentando de 6 a 8 síntomas post recuperación COVID-19.

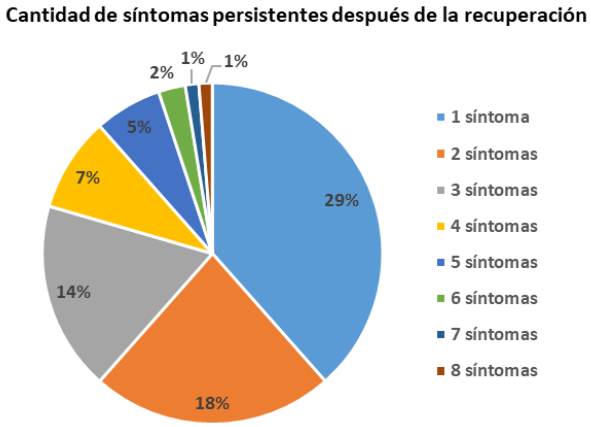


Figura 3. Cantidad de síntomas persistentes en los pacientes después de la recuperación de la enfermedad COVID-19.

Una vez que se observó que 76.5% de los participantes continuaron presentando síntomas propios de COVID-19 post recuperación, la prevalencia de cada síntoma fue evaluada y graficada (Figura 4). Se observó que la fatiga persistió, en un 48% de los pacientes. Por su parte, la anosmia, el dolor de cabeza y la ageusia siguieron presentes en más del 20% de los participantes. La tos, la artralgia y los síntomas gastrointestinales se encontraron con una misma prevalencia del 9%. La rinorrea y la fiebre fueron los síntomas menos presentados.

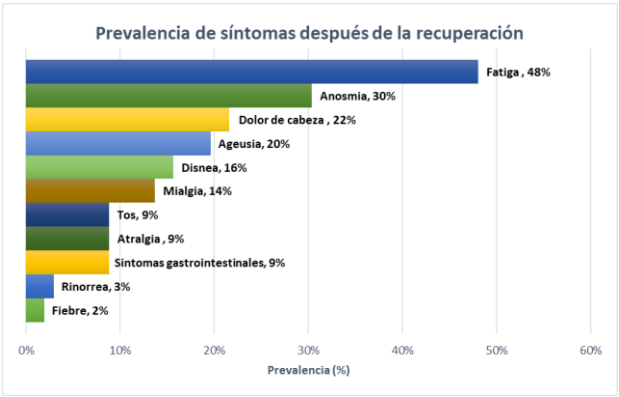


Figura 4. Prevalencia de síntomas después de la recuperación de COVID-19.

Se compararon las prevalencias de los síntomas mayormente reportados en este estudio (Figura 4), con respecto a dos estudios realizados, que comprendían la prevalencia de síntomas COVID-19, post recuperación. Los artículos consultados comprendían del estudio de Carfi *et al*. realizado en 2020, y el estudio de Nehme *et al*. 2021 (Tabla 2). Los porcentajes de incidencia obtenidos difirieron de los reportados por ambos autores, siendo la prevalencia de la fatiga más similar a lo reportado por Carfi, mientras que la de la ageusia más apegada a lo reportado por Nehme. Sin embargo, en los tres casos se observa que la fatiga presento la mayor prevalencia de los cuatro síntomas comparados. En nuestro estudio, la prevalencia del dolor de cabeza fue superior a la reportada por ambos autores, por más del 10%.

Tabla 2. Comparación de la prevalencia de síntomas después de la recuperación de COVID-19.

Síntoma	Estudio actual	Carfi *et al*. 2020	Nehme *et al*. 2021
Fatiga	48%	53.1%	20.7%
Anosmia	30%	17%	16.8%
Dolor de cabeza	22%	9%	10%
Ageusia	20%	11%	16.8%

La aparición de nuevos síntomas ajenos a los padecidos durante la enfermedad de COVID-19 se presentó en 68.6% (70/102) de los participantes. La cantidad de nuevos síntomas se representó gráficamente (Figura 5), denotado que 41% de los pacientes presentaron de 1 a 3 nuevos síntomas, mientras que alrededor de 22% de los recuperados, presentaron de 4 a 5 nuevos síntomas. Algunos pacientes, el 13%, presentaron más de 6 nuevos síntomas, siendo que un paciente reportó haber presentado 11 nuevos síntomas.

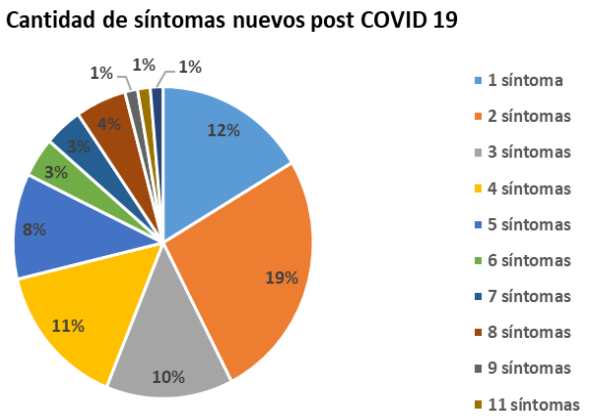


Figura 5. Cantidad de síntomas nuevos post COVID-19 en los pacientes.

La alta aparición de nuevos síntomas en los pacientes, se clasificó de acuerdo a los síntomas nuevos que presentaron mayor prevalencia en los participantes de este estudio (Figura 6). La mayor prevalencia se reportó para pérdida de cabello, seguida de desórdenes de atención y desórdenes del sueño. Ansiedad, fatiga y pérdida de memoria tuvieron una prevalencia mayor al 15%. Algunos síntomas presentaron la misma prevalencia en los pacientes, siendo que el dolor de pecho, sudoración y depresión, afectaron al 11% de los pacientes, mientras que la dificultad respiratoria y la anosmia se presentaron ambos en un 7%.

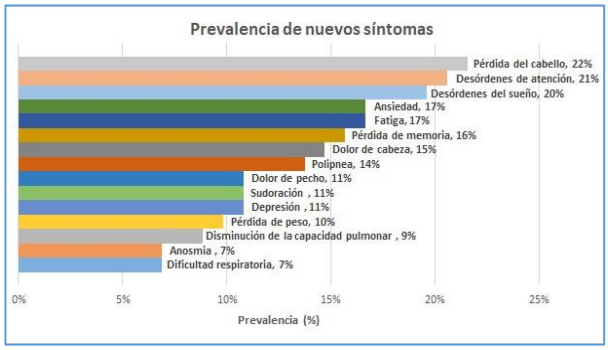


Figura 6. Prevalencia de nuevos síntomas post COVID-19.

Los síntomas con mayores prevalencias se compararon con los reportados en el artículo publicado por Lopez-Leon *et al.* en 2021 (Tabla 2). La mayoría de los síntomas comparados no presentaron gran diferencia en comparación a lo reportado por la autora, no obstante, la fatiga se presentó con una prevalencia mucho menor a la de referencia. Por su parte, se presentó una mayor prevalencia de desórdenes del sueño.

Tabla 2. Comparación de la prevalencia de nuevos síntomas post COVID-19.

Síntoma	Estudio actual	Lopez-Leon *et al.* 2021
Pérdida del cabello	22%	25%
Desórdenes de atención	21%	27%
Desórdenes del sueño	20%	11%
Ansiedad	17%	13%
Fatiga	17%	58%
Pérdida de memoria	16%	16%

Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio, permiten claramente observar la prevalencia de la sintomatología presentada durante y después de COVID-19, además de la aparición de nueva sintomatología post COVID-19.

1. Sintomatología durante COVID-19.

En la Figura 2, se puede denotar que los principales síntomas presentados durante la enfermedad fueron: fatiga (71%), anosmia (62%), dolor de cabeza (57%), mialgia (57%) y ageusia (56%), debido a que más de la mitad de los pacientes reportó haberlos presentado. Esto de acuerdo a la Tabla 1 concuerda con lo descrito por Carfì *et al.* 2020, y con el estudio de Tenforde *et al.*, en donde en ambos casos se reportó una prevalencia similar a los resultados reportados en este trabajo (Carfì *et al.*, 2020; Tenforde *et al.*, 2020). Sin embargo, se observa que el porcentaje de anosmia reportado en este estudio fue mayor al reportado en la bibliografía consultada, lo que de acuerdo a Lee *et al.* 2020, puede acreditarse a una mayor prevalencia de daño al epitelio olfativo y posterior daño al nervio olfativo en las etapas tempranas de COVID-19 (Lee, Min, Lee, & Kim, 2020), por lo que sería necesario abordar una posterior investigación con un enfoque clínico, para la verificación de esta interacción.

Los artículos de Carfì *et al*. 2020 y Tenforde *et al*. 2020, registraron que síntomas como disnea, tos, pérdida del apetito y confusión también se presentaron en más del 50% de los pacientes, siendo que, en nuestro estudio, estos síntomas se presentaron en menos del 50% de los participantes, pudiendo deberse a que dichos estudios se realizaron en una población de mayor tamaño que el nuestro, siendo que en el estudio de Tenforde se tuvieron 350 participantes y en el de Carfi se tuvieron 143 participantes (Carfì *et al.*, 2020; Tenforde *et al*., 2020). La diferencia de resultados debido al tamaño de la muestra, concuerda con lo concluido por Artal en este año 2021, donde resaltó que la ausencia de una definición estándar y aceptada limita la comparación de los hallazgos entre los diversos estudios epidemiológicos (Artal, 2021).

2. Persistencia de sintomatología COVID-19 post recuperación.

De acuerdo a la Figura 3, al menos el 75.5% de los participantes (77 personas) presentaron síntomas aún después de su recuperación, lo que es mayor a lo reportado por Artal este año 2021, donde estableció que la prevalencia de síntomas post COVID-19 se presentaba en 10-65% de los supervivientes que padeció COVID-19 leve/moderado (Artal, 2021), siendo que la mayoría de nuestros participantes, el 82%, reportaron haber padecido un transcurso leve de la enfermedad.

En base a los resultados, se resaltó la prevalencia de 11 síntomas post recuperación de COVID-19 (Figura 4), siendo esta menor a la reportada por Artal, quién reportó la prevalencia de un promedio de 14 síntomas, sin embargo, en su estudio contempló síntomas nuevos como desórdenes del sueño, de la memoria y atención (Artal, 2021), no tan propios de la enfermedad, por lo que no se podría decir que estos persistieron, si no que aparecieron post COVID-19.

Con respecto a los resultados obtenidos, el 61% de los participantes reportaron la prevalencia de 1 a 3 síntomas. Con respecto a esto, en la Figura 4 se observa que los síntomas más persistentes post recuperación fueron fatiga (48%), anosmia (30%), dolor de cabeza (22%) y ageusia (20%). En la Tabla 2 se aprecia que los resultados obtenidos en este estudio fueron diferentes a los reportados por Carfi *et al*. 2020 y Nehme *et al*. 2021, ya que nuestros resultados reflejan mayores porcentajes de anosmia y dolor de cabeza, pudiendo deberse a una mayor prevalencia de daño en el nervio olfativo y el tejido cerebral, ya que de acuerdo a Lechien *et al*. 2020 , la prevalencia de la anosmia puede deberse a alguna lesión del neuroepitelio olfatorio y diseminación del virus hacia el bulbo olfatorio en pacientes anósmicos que cursaron cuadros leves de enfermedad (Carfì *et al*., 2020; Nehme *et al*., 2021), esto ya que el 82% de nuestros pacientes reportaron un transcurso leve de la enfermedad en casa, sin hospitalización ni oxigenoterapia. Concordando con los estudios de Lee *et al*. 2020, y Baig en el mismo año, en donde se vinculó la persistencia del dolor de cabeza y anosmia con un posible daño en el sistema nervioso central, vinculado a las propiedades neuroinvasivas del virus SARS-CoV-2, responsable del COVID-19 (Baig, 2020; Lee *et al*., 2020).

3. Nueva sintomatología post COVID-19

De los participantes encuestados, el 71.6% (73 personas) presentaron nuevos síntomas post enfermedad COVID-19, más del 50%, lo que denota la importancia de la investigación enfocada en estos nuevos síntomas.

En la Figura 4 puede observarse la persistencia de 14 síntomas nuevos, resaltándose en la Tabla 3, que los síntomas nuevos post COVID-19 que tuvieron mayor presencia fueron pérdida de cabello (22%), desórdenes de atención (21%), desórdenes de sueño (20%), ansiedad (17%), fatiga (17%) y pérdida de memoria (16%). A su vez, se aprecia que la fatiga y la ansiedad se presentaron con un mismo porcentaje.

Al comparar nuestros resultados contra los publicados este año 2021 por Lopez-Leon *et al*. (Tabla 3), se observa que los porcentajes de prevalencia de los síntomas más presentes en nuestro estudio, no difieren en gran medida con lo reportado por Lopez-León, a excepción de la fatiga, en donde nosotros registramos una prevalencia del 17%, 41% menos de lo reportado por Lopez-Leon. Sin embargo, dicha diferencia puede acreditarse a que el

estudio de Lopez-Leon contempló la prevalencia de la fatiga presente desde la etapa aguda de COVID-19, así como la fatiga como nuevo síntoma post COVID-19 dentro de un solo porcentaje, mientras que, en este estudio se separaron los porcentajes de cada etapa. La aparición de fatiga como nueva sintomatología post COVID-19, reportada por los participantes, podría relacionarse a la fatiga mental ante el estrés generado por la pandemia, mencionada por Marčinko *et al*., en 2020.

Arenas Soto y Diaz Mestre publicaron un artículo este año 2021, en el que argumentaban las posibles causas de la pérdida de cabello post COVID-19, donde después de una revisión bibliográfica proponen la posibilidad de que esta pérdida de cabello sea un caso de efluvio telógeno, un tipo de alopecia. Dichas autoras proponen que el efecto inflamatorio del virus en el endotelio e inducción de producción de citoquinas proinflamatorias, son causantes de la teloptisis (tipo de alopecia) post COVID-19. No obstante, no descartan la influencia del estrés en la alopecia post COVID-19. Esto último siendo apoyado por Marčinko *et al*., en su artículo publicado en 2020, en donde resalta la importancia de abordar los trastornos relacionados con el estrés y traumas generados durante la pandemia de COVID-19, siendo que este autor relaciona la pérdida de cabello, pérdida de memoria y los desórdenes mentales, de atención y de sueño, con efectos postraumáticos, relacionados a la crisis actual de COVID-19 (Arenas Soto & Diaz Mestre, 2021). La presencia de estos síntomas en nuestros participantes, apoya la iniciativa de la necesidad de estudios neuropsicológicos profundos de los efectos de SARS-CoV-2 en el organismo.

Por su parte, un estudio realizado por Lu *et al*., en 2020, resalta el daño de COVID-19 en la integridad cerebral microestructural y funcional en las etapas de recuperación (Lu *et al*., 2020) como posible causa de la perseverancia de síntomas propios del virus, aún después de la recuperación, así como la aparición de nuevos síntomas, como lo es la pérdida de memoria. Lu *et al*. observaron un mayor volumen de materia gris, tanto en cortezas olfativas e hipocampo (Lu *et al.*, 2020), es por ello que esta inflamación se relaciona con la prevalencia de anosmia post recuperación y la pérdida de memoria post COVID-19.

En base a lo reportado en este estudio, se establece que al menos 50% de los participantes presentaron sintomatología en las diferentes etapas de COVID-19, concluyéndose que la fatiga y la anosmia son los principales síntomas que prevalecen durante y después del COVID-19, mientras que, la pérdida de cabello y desórdenes de atención y sueño, así como problemas de pérdida de memoria y ansiedad, se presentan en mayor porcentaje en la etapa post COVID-19, constituyendo sintomatología nueva e impropia a la etapa aguda de la enfermedad, resaltando la importancia de la investigación de las secuelas relacionadas al padecimiento de COVID-19, desde un enfoque neuropsicológico, así como el establecimiento de todos los posibles mecanismos por los que la infección vírica de SARS-CoV-2 desencadena dichas manifestaciones clínicas.

Bibliografía

Arenas Soto, C. M., & Diaz Mestre, M. P. (2021). Efluvio telógeno: Una manifestación del síndrome post-COVID-19. *Piel*. https://doi.org/10.1016/j.piel.2021.06.013

Artal, F. J. C. (2021). Síndrome post-COVID-19: Epidemiología, criterios diagnósticos y mecanismos patogénicos implicados. *Revista de neurología*, *72*(11), 384–396.

Baig, A. M. (2020). Neurological manifestations in COVID-19 caused by SARS-CoV-2. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, *26*(5), 499–501. https://doi.org/10.1111/cns.13372

Buzai, G. D. (2020). *De Wuhan a Luján. Evolución espacial del COVID-19*. (2020), 21.

Carfì, A., Bernabei, R., Landi, F., & for the Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. (2020). Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19. *JAMA*, *324*(6), 603–605. https://doi.org/10.1001/jama.2020.12603

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica.

Investigación en educación médica, *2*(8), 217–224.

Lee, Y., Min, P., Lee, S., & Kim, S.-W. (2020). Prevalence and Duration of Acute Loss of Smell or Taste in COVID-19 Patients. *Journal of Korean Medical Science*, *35*(18). https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e174

Lopez-Leon, S., Wegman-Ostrosky, T., Perelman, C., Sepulveda, R., Rebolledo, P. A., Cuapio, A., & Villapol, S. (2021). *More than 50 Long-term effects of COVID-19: A systematic review and meta-analysis*. 22.

Lu, Y., Li, X., Geng, D., Mei, N., Wu, P.-Y., Huang, C.-C., … Yin, B. (2020). Cerebral Micro-Structural Changes in COVID-19 Patients – An MRI-based 3-month Follow-up Study | Elsevier Enhanced Reader. *EClinicalMedicine*, *25*, 100484. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100484

Marčinko, D., Jakovljević, M., Jakšić, N., Bjedov, S., & Mindoljević Drakulić, A. (2020). The importance of psychodynamic approach during COVID-19 pandemic. *Psychiatria Danubina*, *32*(1), 15–21. https://doi.org/10.24869/psyd.2020.15

Mizrahi, B., Shilo, S., Rossman, H., Kalkstein, N., Marcus, K., Barer, Y., … Segal, E. (2020). Longitudinal symptom dynamics of COVID-19 infection. *Nature Communications*, *11*(1), 6208. https://doi.org/10.1038/s41467-020-20053-y

Nehme, M., Braillard, O., Alcoba, G., Aebischer Perone, S., Courvoisier, D., Chappuis, F., & Guessous, I. (2021). COVID-19 Symptoms: Longitudinal Evolution and Persistence in Outpatient Settings. *Annals of Internal Medicine*, *174*(5), 723–725. https://doi.org/10.7326/M20-5926

OMS. (2020). Información basíca sobre la COVID-19. Recuperado de https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19

Ritchie, H., Mathieu, E., Rodés-Guirao, L., Appel, C., Giattino, C., Ortiz-Ospina, E., … Roser, M. (2020). Coronavirus Pandemic (COVID-19). Recuperado de Coronavirus Pandemic (COVID-19) website: https://ourworldindata.org/coronavirus-data?country=~MEX

Tenforde, M. W., Billig Rose, E., Lindsell, C. J., Shapiro, N. I., Files, D. C., Gibbs, K. W., … Kim, S. S. (2020). Characteristics of Adult Outpatients and Inpatients with COVID-19—11 Academic Medical Centers, United States, March–May 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, *69*(26), 841–846. https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6926e3

Worldometer, G. D. (2021). COVID-19 Coronavirus pandemic. Recuperado de https://www.worldometers.info/coronavirus/

Acarosis canina y zoonosis pediátrica sarcóptica.

Ma. Elena Villagrán Herrera[1], David Meza Arcos[2], Juan Armando Reséndiz Aguilar[2], Ricardo Francisco Mercado Curiel[1], José Trinidad Vázquez[1] y José Antonio de Diego Cabrera[3]

[1]Posgrado. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

[2]Licenciatura de Médico General. Facultad de Medicina. UAQ. México.

[3]Posgrado Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Madrid. España.

Datos de contacto: Ma. Elena Villagrán Herrera mevh@uaq.mx, David Meza Arcos dma2041@gmail.com

Lesión sarcóptica pediátrica producida por *Sarcoptes scabiei* de cánidos ferales.

Resumen.

Objetivo: Determinar si la presencia del ácaro *Sarcoptes scabiei* en perros es causa de lesiones exantemáticas en la población humana de la comunidad de El Gallo.

Objective: Determine if the presence of *Sarcoptes scabiei* mite in dogs causes rash lesions in the human population of the El Gallo community.

Antecedentes: El *Sarcoptes scabiei* es el ectoparásito causante de la sarna sarcóptica, con una prevalencia de 300 millones de infestados en el mundo. El perro es uno de los reservorios naturales, por lo que humanos en contacto con el animal tienen un alto riesgo de padecer la parasitosis.

Background: *Sarcoptes scabiei* is the ectoparasite that causes the sarcoptic mange, with a prevalence of 300 million infestentions in the world. Dogs are a natural reservoir of the mite, thus humanes in contact with them have a higher risk of being infestated.

Metodología: Se aplicó una entrevista a la población participante para estimar las condiciones epidemiológicas de la población, tanto canina como humana, además de un raspado cutáneo a los perros que presentaran lesiones coincidentes con la sarna sarcóptica y a sus dueños, para ser analizadas por microscopía óptica.

Methodology: The participants were interviewed to estimate the epidemiological conditions of the population, both human and canine, in addition to a skin scraping to the dogs with lesions that matched those of sarcoptic mange and their owners, to be analyzed by microscopy.

Resultados: Se observó la presencia de *Sarcoptes scabiei* en el 45% de los perros estudiados y en 25 de los dueños se encontraron lesiones exantemáticas coincidentes con las lesiones causadas por el ácaro, aunque solo el 56% de ellos resultaron estar infestadas por *Sarcoptes scabiei.*

Results: The presence of *Sarcoptes scabiei* was observed in 45% of the studied dogs and in 25 of their owners were found rash lesions matching with sarcoptic mange, though only 56% of them were infested with the mite.

Conclusiones: El presente estudio brinda la primera valoración sistemática de la relación entre la presencia de Sarcoptes scabiei en perros y de lesiones exantemáticas en humanos, principalmente, niños en edades entre los 2 y los 15 años, que viven en la comunidad del El Gallo, municipio de Colón, en el Estado de Querétaro.

Conclusions: The present study offers the first systematic assessment of the relation between the presence of *Sarcoptes scabiei* in dogs and rash lesions in humans, mainly children between 2 an 15 years old, who live in the El Gallo community in Colon, Querétaro.

Palabras clave.

Ácaros, Lesiones exantemáticas, Sarna sarcóptica, Infestación, Epidemiología.
Mite, Rash lesions, Sarcoptic Mange, Infestation, Epidemiology

Introducción.

La sarna sarcóptica es causada por un ectoparásito de forma oval, denominado *Sarcoptes scabiei*. Su fiorma recuerda a la forma del caparazón de una tortuga. Tiene cuatro pares de patas con ligeras diferencias entre macho y hembra, caracterizados por un color cremoso. Las hembras tienen un mayor tamaño que los machos y ciclos de vida y reproducción distintos. El ácaro emerge del huevo como larva, posteriormente se transformará en una protoninfa, tritoninfa y finalmente un adulto. Una hembra puede depositar más de 50 huevos en un ciclo de vida regular (de 26 a 40 días), el macho suele morir poco después de fecundar a la hembra, cuando ésta ya ha iniciado la excavación. Solo el 1% de los huevesillos se desarrollan hasta la etapa adulta, por lo que muy pocos parásitos con capacidad reproductiva son encontrados en una fase típica de sarna sarcóptica[1].

Los síntomas aparecen de 2 a 6 semanas después de la infestación. La escabiosis clásica se asocia con una baja presencia de parásitos, aproximadamente de 10 a 15 en el cuerpo Las características de la escabiosis incluyen picazón intensa, pápulas eritematosas y excoriaciones, con distribución típica y antecedentes de contacto previo con pacientes infestados. En pacientes inmunosuprimidos, se puede presentar una variedad más grave, la escabiosis costrosa o noruega, cuyas características incluyen una dermatitis generalizada con costras hiperqueratósicas en las palmas, plantas, dedos, espacios interdigitales, extremidades y tronco, además de un prurito mínimo o inexistente[2].

La escabiosis afecta de 200 a 300 millones de personas al año. La prevalencia es más común en regiones tropicales y de bajos recursos. Se estima un promedio de 5 a 10% de prevalencia en niños en países desarrollados. Factores predisponentes incluyen mala higiene, desnutrición, pobreza, hacinamiento, acceso limitado a los servicios de salud, promiscuidad, demencia e inmunodeficiencias[3].



Figura 1

La población en mayor riesgo incluye a niños de 2 años y ancianos. Se han reportado brotes en poblaciones de hospitales, guarderías infantiles y asilos. La transmisión de humano a humano suele ocurrir después de un contacto prolongado de piel a piel, como el de los padres a los hijos pequeños[1,3,4].

El parásito no afecta únicamente a humanos (variante hominis), pudiéndose encontrar en una gran cantidad de mamíferos tales como perros de compañía, perros salvajes, zorros, cerdos, jabalíes, ganado, gatos, roedores, entre muchos otros (figura 1). La mayoría de los estudios realizados sobre animales domésticos demuestran que el contacto directo entre animales infestados con no infestados (sean estos últimos salvajes o domésticos) es el principal medio de contagio, además de que el contacto de los dueños con los animales infestados también es el factor principal de contagio entre ellos[4].

Material y métodos.

Se realizó un estudio observacional, analítico, transversal, prospectivo y de correlación, en el que se incluyó a 100 perros de la comunidad de El Gallo, municipio de Colón en el Estado de Querétaro. De igual manera se convidó a los dueños y convivientes de los animales para que aceptaran participar en la investigación mediante consentimiento informado del padre o tutor, en el caso de hacinamiento con niños en edad de 2 a 15 años, con la finalidad de que autorizaran la toma de muestra tanto del animal infestado, como la observación de lesiones presentes en el cuerpo del niño y en su caso, toma de muestras de raspado de piel, para su estudio microscopico y clasificación del artrópodo.

Para fines de esta investigación se considera al dueño como la persona que tiene más contacto directo e indirecto con el perro.

Aplicación de entrevistas:

Se realizó una entrevista a cada uno de los dueños, casa por casa, donde se recolectó información epidemiológica de la zona donde habitan, condiciones de la vivienda, la relación que llevan con el animal, así como hábitos higiénicos y contacto con otros animales.

Posterior a la entrega de consentimiento informado autorizado con la firma del padre o tutor y dueño del perro, se procede a las tomas de muestras.

Toma de raspados cutáneos:

Se coloca al perro en cuadripedestación mientras se sujeta de la cabeza y el cuello a la vez que se sostiene la parte caudal. Se rasura la zona donde se obtendrá la muestra y se aplica petrolato sobre la superficie de la piel y sobre la hoja de bisturí. Entonces se realiza un raspado de la zona de forma superficial con dirección en el crecimiento del pelo.

La muestra obtenida se extiende sobre un portaobjetos para su posterior análisis con el microscopio. En cada caso se adiciona una pequeña gota de solución salina, para observar su movimiento.

Procesamiento de raspados cutáneos:

El extendido fue procesado el mismo día de la recolección, por lo que no fue necesaria un método de fijación. Se analizó por medio de microscopia óptica a 10x y 40x con técnica de almena (figura 2, figura 3).

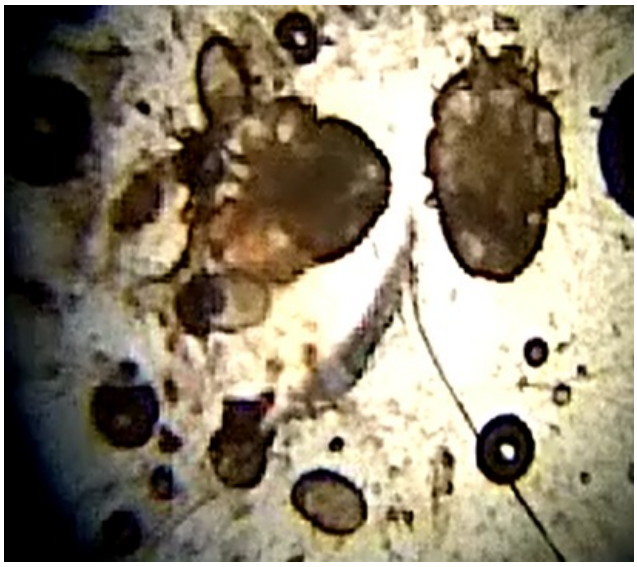


Figura 2

Equipo y material de observación:

La Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, proporcionó dos microscopios binoculares de campo claro, que fueron llevados a la zona para apoyo microscópico e identificación de los ectoparásitos. Se utilizaron portaobjetos, solución salina isotónica, pipetas desechables de plástico, guantes desechables, además de hojas de bisturí del numero 2, para realizar el raspado.



Figura 3

El área física donde se nos permitió trabajar y realizar el muestreo, fue la Casa de Salud del lugar.

Los pobladores fueron citados, por 4 fines de semana, incluyendo sábado y domingo, en horario de las 9:00 a 12:00 horas (figura 3).

Resultados.

Se observó la presencia de *Sarcoptes scabiei* en el 45% de los perros estudiados (45 perros) (figura 1) de los cuales el 62.22% (28 perros) tenían una edad igual o menor a 12 meses, siendo los individuos jóvenes el 58.69% de la totalidad de perros infestados por el ácaro. Del total de perros infestados el 77.78% (35 perros) fueron macho y el 22.22% (10 perros) fueron hembras (figura 4).

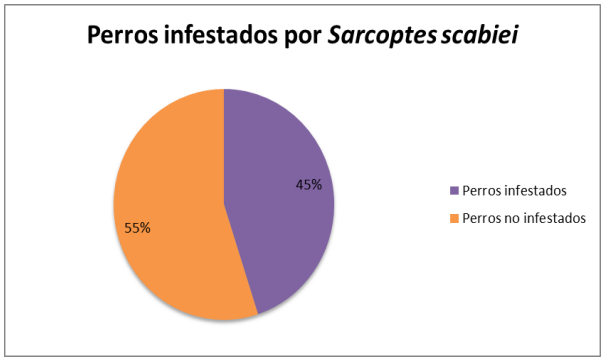


Figura 4

Del total de perros macho infestados (35 perros), se encontró presencia de *Sarcoptes scabiei* en el 65.71% (23 perros) tenían o fueron menores 12 meses, mientras que el 34.29% (12 perros) fueron mayores a 12 meses (figura 5).

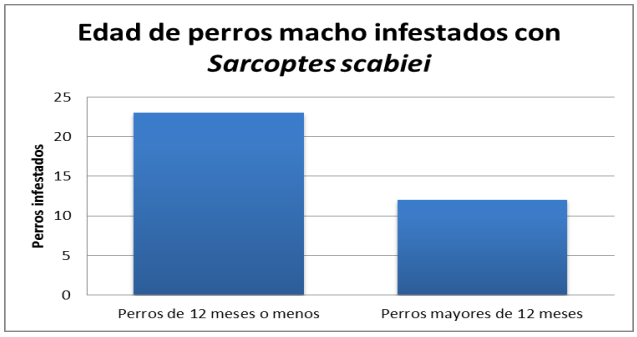


Figura 5

Del total de perros hembra infestados (10 perros), se encontró presencia de *Sarcoptes scabiei* en el 50% (5 perros) tenían o fueron menores 12 meses, mientras que el 50% (5 perros) fueron mayores a 12 meses (figura 6).

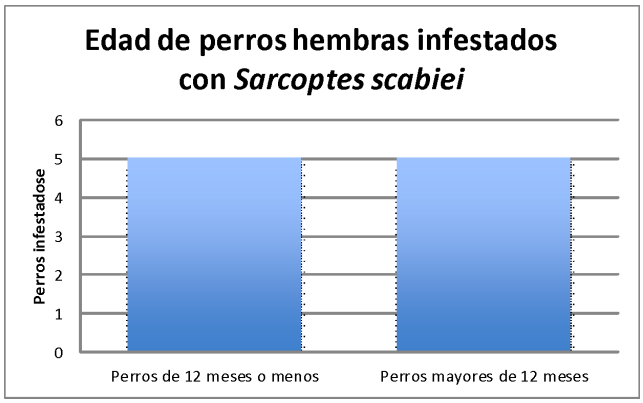


Figura 6

25 dueños de perros presentaron lesiones exantemáticas coincidentes con las lesiones causadas por el *Sarcoptes scabiei*, pero sólo el 56% (14 personas) resultaron estar infestadas por el ácaro al analizar el raspado cutáneo por microscopía (figura 7).

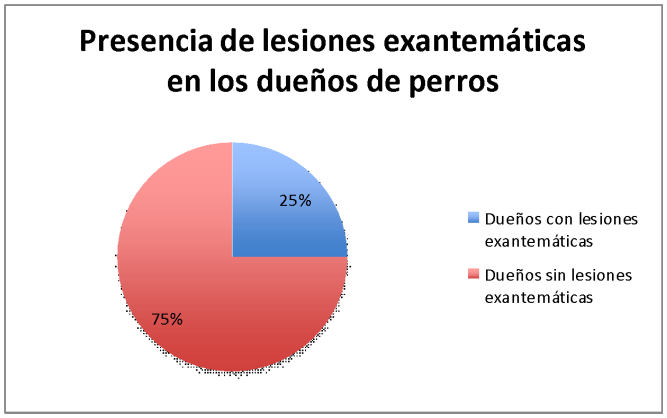


Figura 7

Se encontró otra variedad de ácaros, como del Acaro *Demodex folliculorum* (figura 8) en 2 perros hembras cachorros y en casi el 100% de los animales estudiados, pulgas propias del perro. Se identificaron como *Ctenocefhalides canis*, especie de artrópodo sifonáptero, de la familia *pulicidae*, que se alimenta de la sangre de estos animales.



Figura 8

Conclusiones.

El presente estudio brinda la primera valoración sistemática de la relación entre la presencia de *Sarcoptes scabiei* en perros y de lesiones exantemáticas en humanos, principalmente, niños en edades entre los 2 y los 15 años, que viven en la comunidad del El Gallo, municipio de Colón, en el Estado de Querétaro.

Nuestros resultados, muestran que la infestación con *Sarcoptes scabiei* en los perros de la comunidad está presente de manera abundante, y se encuentra predominando en los ejemplares más jóvenes (cachorros de 2 a 10 meses), que son los que conviven con los humanos pediátricos, con la finalidad estrecha de iniciar un compromiso sentimental y afectivo o bien simplemente el hacinamiento de compañía amistosa con habitantes mayores (tercera edad).

Discusión

Chen *et al*., describe que la presencia de *Sarcoptes scabiei* en perros menores a 1 año es muy alta (2007 perros infestados de 3977) y de acuerdo al estudio de Davidson *et al*., se reporta una prevalencia del *Sarcoptes scabiei* del 10,9% y 9,9% en machos y hembras respectivamente, de 242 zorros cazados. Sin embargo, la correlación entre sexo e infestación no es representativa en el presente estudio debido a la

mayoría de ejemplares hembra sobre ejemplares macho presentados al azar por los habitantes de la comunidad.

Podemos observar una clara relación entre la edad de los perros estudiados con la prevalencia de *Sarcoptes scabiei*, siendo especialmente importante en perros de edades iguales o inferiores a los 12 meses. En estos perros las lesiones eran evidentes y la condición general de salud del cachorro se apreció con bastante deterioro. El género macho y hembra no fue relevante.

Es importante mencionar la zoonosis encontrada en los dueños de los perros infestados. La mayor parte de los niños que presentaron lesiones coincidentes con sarna sarcóptica y con un resultado positivo durante el análisis microscópico cursaban edades de entre 6 y 11 años, concordando con las edades tempranas de sus cánidos y hasta los 12 meses, de edad. Entre las lesiones presentadas probablemente debido al mayor contacto directo mantenido con los animales, fueron ubicadas en zonas de piel, ingle, piernas y donde el perro suele tener contacto común de forma indirecta (manos, espacios interdigitales, y abdomen).

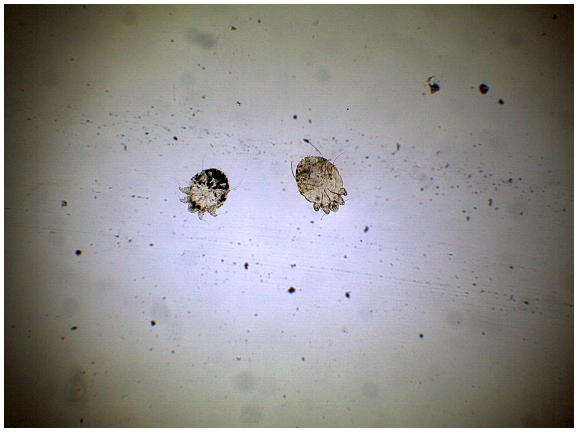


Figura 9

Referencias.

1. Arlian, L. G., & Morgan, M. S. (2017). A review of Sarcoptes scabiei: past, present and future. Parasites & Vectors, 10(1). 10.1186/s13071-017-2234-1.
2. Vasanwala, F., Ong, C., Aw, C., & How, C. (2019). Management of scabies. Singapore Medical Journal, 60(6), 281–285. https://doi.org/10.11622/smedj.2019058.
3. Leung, A. K., Lam, J. M., & Leong, K. F. (2020). Scabies: A Neglected Global Disease. Current Pediatric Reviews, 16(1), 33–42. https://doi.org/10.2174/1573396315666190717114131.
4. Chandler, D., & Fuller, L. (2018). A Review of Scabies: An Infestation More than Skin Deep. Dermatology, 235(2), 79–90. https://doi.org/10.1159/000495290.
5. Pisano, S., Ryser-Degiorgis, M. P., Rossi, L., Peano, A., Keckeis, K., & Roosje, P. (2019). Sarcoptic Mange of Fox Origin in Multiple Farm Animals and Scabies in Humans, Switzerland, 2018. Emerging infectious diseases, 25(6), 1235–1238. https://doi.org/10.3201/eid2506.181891.
6. Kido, N., Akuta, T., Tarui, H., Imaizumi, K., Ueda, T., Ono, Y., Kikuchi-Ueda, T., Tanaka, S., & Omiya, T. (2017). New techniques to collect live Sarcoptes scabiei and evaluation of methods as alternative diagnostics for infection. Parasitology Research, 116(3), 1039–1042. https://doi.org/10.1007/s00436-017-5385-2.

Efecto térmico en el perfil fenólico de quelites en la cocina mexicana

Miranda-Ibarra Susana[1], Mendoza-Juárez Anahí Wendolyne[2], Vargas-Madriz Ángel Félix[1], Chávez-Servín Jorge Luis[2], Díaz-Díaz Beatriz Eugenia[2], Martínez-Pérez Rosa María[2], Roldán-Padrón Octavio[1], Kuri-García Aarón[1,2]*

[1] Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

[2] Licenciatura en Gastronomía, Facultad de Filosofía, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

*Autor de correspondencia: Kuri-García Aarón: aaron.kuri@uaq.mx

Resumen

Se conoce que el consumo de alimentos de origen vegetal es benéfico para la salud. Parte de los componentes con potencial bioactivo que ejercen efectos benéficos son diversos metabolitos de las plantas como los compuestos fenólicos. En México los quelites son usados en la cultura culinaria tradicional. Su preparación depende del tipo de platillo típico en la dieta tradicional mexicana, utilizándose generalmente en crudo o cocidos. El presente trabajo muestra el efecto del blanqueado culinario en el perfil fenólico [compuestos fenólicos totales (CFT), los flavonoides totales (FT) y los taninos condensados (TC)] de ocho diferentes especies de quelites nativas mexicanas. Se encontró en general una disminución en CFT y FT; y un aumento en TC por el banqueado en todos los quelites analizados. A diferencia del promedio se observó que *Portulaca orleracea* aumentó la concentración de CFT y de FT debido al blanqueado. Se observó que *Porophyllum ruderale* contiene la mayor concentración de CFT y FT; y *Beta vulgaris* de TC de las ocho muestras analizadas en crudo. En general se observó en promedio una mayor concentración de compuesto fenólicos totales que flavonoides totales en las muestras crudas y hervidas. Al conocer los resultados presentados se puede dar recomendaciones al momento de seleccionar el tipo de preparación culinaria de los alimentos, si buscamos beneficios que brindan los compuestos fenólicos.

Palabras claves: Quelites, Perfil Fenólico, Cocina Tradicional.

Abstract

It is known that the consumption of foods of plant origin is beneficial for health. Some of the components with bioactive potential that exert beneficial effects are various plant metabolites such as phenolic compounds. In Mexico, quelites are used in traditional culinary culture. Its preparation depends on the type of typical dish in the traditional Mexican diet, generally being used raw or cooked. The present work shows the effect of culinary bleaching on the phenolic profile [total phenolic compounds (CFT), total flavonoids (FT) and condensed tannins (TC)] of eight different species of native Mexican quelites. In general, a decrease was found in CFT and FT; and an increase in TC for the banked in all the quelites analyzed. Unlike the average, it was observed that *Portulaca orleracea* increased the concentration of CFT and FT due to bleaching. *Porophyllum ruderale* was observed to contain the highest concentration of CFT and FT; and *Beta vulgaris* from CT of the eight samples analyzed in crude oil. In general, a higher concentration of total phenolic compounds than total flavonoids were observed on average in the raw and boiled samples. Knowing the results presented, recommendations can be given when selecting the type of culinary preparation of food, if we are looking for benefits provided by phenolic compounds.

Key Words: Quelites, Phenolic Profile, Traditional Cuisine.

Introducción

Varios estudios han demostrado que el consumo regular de alimentos de origen vegetal (AOV); que contienen componentes fisiológicamente bioactivos, en particular fenoles, es asociado con un menor riesgo de incidencia de enfermedades crónicas no

transmisibles relacionadas al estrés oxidativo (Martínez-González et al., 2019; Valerino-Perea et al., 2019). Se sabe que el consumo de AOV puede representar alternativas en la nutrición humana para mejorar la salud, debido a la presencia de compuestos fitoquímicos que contienen (Santiago-Saenz et al., 2020). Se ha propuesto incrementar la diversidad dietética con el consumo de un mayor número de especies vegetales como una estrategia eficaz y sostenible para erradicar los problemas ocasionados por enfermedades crónicas, todo a través del aumento del consumo de plantas comestibles (Santiago-Saenz et al., 2018).

En las comunidades indígenas y rurales de diferentes países, el conocimiento sobre la preparación y el consumo de diversas plantas comestibles se encuentra entre las estrategias de supervivencia y adaptación a las condiciones ambientales y mejoras a la salud humana. En contraste, existen cambios en los patrones alimentarios de las últimas décadas que han desplazado el consumo de AOV por el de alimentos ultraprocesados. Se han realizado esfuerzos para evaluar las dietas tradicionales locales a través de la documentación del uso de plantas alimenticias con distribución local y regional, las cuales son desconocidas a nivel nacional e internacional (Valerino-Perea et al., 2019). Un valor adicional de las dietas tradicionales es el aporte de alimentos que tienen variedad de sabores, colores, aromas y formas de preparación con un bajo número de insumos adicionales. Por ejemplo, los alimentos tradicionales a menudo se consumen frescos (en crudo) o con un procesamiento térmico mínimo, como el blanqueado culinario. El blanqueado es una técnica culinaria que consistente en la cocción de los alimentos en agua hirviendo durante un periodo breve de tiempo (desde 30 seg hasta 5 min) que modifica la composición fisicoquímica de la planta y sus características organolépticas (Mateos-Maces et al., 2020).

Otros autores han observado que la capacidad antioxidante de seis hortalizas, se cocinaron hirviéndolos o al vapor durante 1 minuto o escaldados durante 20 s. Los resultados muestran que la mayor capacidad antioxidante (DPPH) se observó después de hervir durante 1 min en el caso de la espinaca (41.9 ± 9.8%), papaya (59.0 ± 5.3%), kenikir (54.9% ± 6.3%), y frijoles de una yarda de largo (70.2 ± 8.9%); cocer al vapor durante 1 min en el caso de la flor de turi (60.2 ± 3.6%); y escaldado durante 20 s en el caso de los brotes de frijol *mungo* (49.2 ± 3.6%) (Tsiompah et al., 2021). Por otro lado, en otro estudio reciente, se probaron diferentes técnicas de cocina caseras (hervir, cocer al vapor, sofreír y microondas) sobre los cambios de compuestos fenólicos específicos y propiedades antioxidantes (FRAP), en las hortalizas de hoja tradicionales consumidas habitualmente en África meridional, en donde se observó que sofreír el aumento la concentración de fenoles en hojas de col china, seguido de cocción al vapor. De manera similar, sofreír aumentó algunos fenoles simples en la solanácea, seguido de la cocción al vapor. Las técnicas de cocción al vapor y salteado aumentaron significativamente la actividad de FRAP; mientras que la ebullición redujo el contenido de taninos tanto en las verduras de hoja (Managa et al., 2020). Los compuestos fenólicos de las plantas se presentan de forma unida covalente; por lo tanto, se deben emplear métodos de procesamiento para liberarlos y potenciar la concentración. Por ejemplo, se ha demostrado que el tratamiento térmico puede liberar algunos compuestos fenólicos de bajo peso molecular y, por lo tanto, aumentar su concentración (Xu et al., 2007).

En México, hasta ahora se han registrado entre 2,168 a 4,000 especies de plantas consumibles en el país, con base en estudios etnobotánicos, pero el análisis proximal y de compuestos bioactivos están disponibles para menos de 30 especies (Mateos-Maces et al., 2020). Estas plantas comestibles se consideran “quelites” y se refieren a tallos jóvenes, retoños o plántulas de plantas comestibles que crecen silvestres o domesticadas. Los quelites han mostrado contenidos importantes de proteínas, nutrimentos inorgánicos y fibra, así como la presencia de ácidos fenólicos, los cuales se han relacionado con capacidad antioxidante y propiedades frente a patologías crónicas no transmisibles (Santiago-Saenz et al., 2018).

Además, es necesario resaltar que la relevancia del presente estudio es que, dado que ya existe información de la caracterización del perfil fenólico

de algunos quelites en la literatura, no existe información comparable del efecto térmico del blanqueado culinario en fenoles, flavonoides y taninos condensados en los quelites usados en la cocina tradicional mexicana, ya que cada reporte se llevó a cabo en diferentes condiciones y se expresan de forma distinta, lo que lo vuelve complicado para hacer comparaciones. Aunado a esto, el presente estudio busca identificar el quelite con el mejor perfil fenólico dependiendo del tipo de preparación para posteriormente buscar efectos en enfermedades crónico no transmisibles como el cáncer de colon como perspectiva del estudio.

Por lo anterior, el presente estudio describe el efecto en las características físicas de los quelites así como el uso gastronómico que tienen en la cocina mexicana de igual forma, se evaluó el efecto térmico en la concentración de fenoles totales, flavonoides y taninos condensados en los ocho quelites principales de la cocina tradicional mexicana.

Materiales y Métodos

Diseño del estudio

El presente estudio se trata de un diseño transversal y experimental.

Obtención de la muestra

Se obtuvieron ocho muestras de diferentes hojas de quelites de un mercado tradicional en el centro de la ciudad de Querétaro, México. Los quelites que se utilizaron se describen a continuación: *Chenopodium berlandieri* (huazontle), *Porophyllum ruderale* (pápalo), *Beta vulgaris* (acelga), *Curcubita máxima* (flor de calabaza), *Chenopodium ambrosioides* (epazote), *Raphanus sativus* (hoja de rábano), *Portulaca orleracea* (verdolaga) y *Amaranthus hybridus* (quintonil). Los quelites fueron identificados por un especialista del Herbario Jerzy Rzedowski (Querétaro, MEX). Las muestras se dividieron en dos grupos, muestras crudas y muestras hervidas (blanqueadas). Para las muestras crudas, las hojas se secaron en un horno de aire forzado (Shel lab Fx 1375, North Carolina, USA.) a 40°C por aproximadamente 48 horas, hasta obtener un peso constante obteniendo una materia seca. Para las muestras hervidas, por otro lado, se realizaron de la siguiente manera: la materia seca correspondiente a cada uno de los quelites analizados se agregó en agua hirviendo a 120°C por 2 minutos hasta obtener un cambio de color y de textura, rápidamente se retiraron del agua hirviendo y se agregaron directo al chorro de agua corriente para detener la reacción térmica. Posterior a ello, las hojas se secaron en un horno de aire forzado (Shel lab Fx 1375, North Carolina, USA.) a 40°C por aproximadamente 48 horas, hasta obtener un peso constante. Para ambos grupos se molió la materia seca en un molino eléctrico con un diámetro de criba de 0.5 mm (Thomas Wiley Model 4 Scientific, New Jersey, USA). El polvo molido se colectó en bolsas oscuras para protegerlas de la luz y temperatura en un ultracongelador (REVCO last II, Ohio, USA) a -80°C para su análisis posterior.

Preparación de los extractos

Se pesaron 200 mg de materia seca y molida, se extrajeron con 10 ml de agua durante 30 min con ayuda de un ultrasonicador (modelo BRANSON 5510) a 42 kHz +/- 6% a temperatura ambiente en ausencia de luz. Posteriormente el extracto se filtró a través de papel Whatman (0.20 µm), el sobrenadante obtenido se almacenó en frascos color ámbar a -80°C hasta su análisis.

Determinación de compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos totales se determinaron espectrofotométricamente de acuerdo con el método de Folin-Ciocalteu por triplicado. Se realizó la curva de calibración para fenoles totales utilizando ácido gálico como estándar en las concentraciones (peso/volumen) de 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, y 12 µl. Se tomó una alícuota del extracto (12.5 µl) y se llevó a un volumen de 50 µl de agua destilada. Posteriormente se mezcló con 32 µl del reactivo de Folín-Ciocalteu (1N), se le agregaron 156 µl de NaCo3 al 20% y se dejó reposar en ausencia de luz durante 2 horas a temperatura ambiente. El control se preparó de manera similar remplazando la cantidad de muestra con agua destilada. Después de 2 horas se midió la

absorbancia de cada una de las muestras en un espectrofotómetro (Thermo, Multiskan Ascent) a una longitud de onda de 750 nm y los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g de materia seca (mg EAG/100 g MS).

Determinación de flavonoides totales

Los flavonoides totales se determinaron por el método colorimétrico del cloruro de aluminio por triplicado. Se realizó la curva de calibración utilizando catequina como estándar en las concentraciones (peso/volumen) de 100, 200, 300, 500, 700, 900, 1000 µl. Se tomó una alícuota del extracto (31.25 µl) y se añadieron 156 µl de agua destilada, después se añadieron 9.4 µl de NaNO2 al 5% y se dejó reposar durante 6 min, posteriormente se agregó AlCl3 al 10% y se dejó reposar por 5 min, después se añadió 63 µl de NaOH (1M); Finalmente se agregó 35 µl de agua destilada. El control se preparó de manera similar remplazando la cantidad de muestra con agua destilada. La curva y la muestra se leyeron a 510 nm y los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de catequina por 100 g de materia seca (mg EC/100 g MS).

Determinación de taninos condensados

Los taninos condensados se determinaron por el método de vainillina por triplicado. Se realizó una curva de calibración utilizando catequina como estándar en diferentes concentraciones: 0.2, 0.6, 0.8, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, y 0.20 µl. Para la determinación de la muestra se tomó una alícuota del extracto (40 µl) y se agregó 200 µl de la solución de vainillina 1% recién preparada y HCl 8% en metanol con relación de 1:1. El control fue metanol sustituyendo la cantidad de la muestra aunado con 200 µl de la solución de vainillina 1% y HCl 8%. La curva como la muestra se leyeron a una longitud de onda de 492 nm y los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de catequina por 100 g de materia seca (mg EC/100g MS).

Análisis estadístico

Para las comparaciones entre los grupos crudo y hervido se utilizó la prueba *t* de student pareada. Para determinar diferencias estadísticas se consideró un valor de $p < 0.05$. El análisis estadístico comparativo se realizó utilizando el programa GraphPad Prism 5®. Los resultados se muestran como la media de n=3 determinaciones de cada una de las técnicas de los 8 quelites analizados ± desviación estándar.

Resultados

Las características y usos gastronómicos de los ocho quelites principales en la cocina tradicional mexicana se desglosan a continuación:

Tabla 1. Características y usos gastronómicos de los quelites presentes en la cocina tradición mexicana.

Nombre popular/ científico	**Imagen (crudo / blanqueado)**	**Principales usos Gastronómicos**
Huazontle / *Chenopodium berlandieri*		Huazontles rellenos de queso Oaxaca en salsa de chile pasilla, tortitas con romeritos, lasaña de huazontle, huazontles capeados.
Pápalo / *Porophyllum guett*		Enchiladas, salsas, cremas, guacamole, quesadillas, ensaladas.
Acelga / *Beta vulgaris*		Sopas, huevo, quiche, humus, albóndigas, canelones.
Flor de calabaza / *Curcubita maxima*		Sopas, quesadillas, empanizadas rellenas de queso, dobladas con flor de calabaza, tamales y cremas.

Epazote / *Chenopodium ambrosioides*		Tés, pansadillas, frijoles negros, sopas, esquites, enchiladas, camarones en salsa de epazote.
Hoja de rábano / *Raphanus sativus*		Moles, cremas, ensaladas, pesto, sopas.
Verdolaga / *Portulaca orleracea*		Costilla en salsa verde, chuleta ahumada, salteadas, acompañadas de nopales y huevo.
Quintonil / *Amaranthus hybridus*		Moles, pipianes, enchiladas, ensaladas, sopas, al vapor, quesadillas, bistec en salsa de quintonil, tortas de quintonil rellenas.

En la Tabla 1 se muestra el nombre popular y el científico de los ocho quelites analizados en el presente estudio con una imagen representativa del quelite crudo y blanqueado mostrando los cambios físicos con relación a las modificaciones organolépticas generadas por el efecto térmico, además de los usos gastronómicos más comunes en la cocina tradicional mexicana.

Con respecto a los compuestos fitoquímicos de los quelites evaluados, varios autores han descrito su presencia en la mayoría de las hojas crudas. En el presente estudio, el énfasis es evaluar como estrategias dietéticas, el efecto en la concentración de estos compuestos fitoquímicos en los quelites crudas y después de un proceso térmico.

Como se muestra en la Figura 1, en la sección a) los valores de los CFT en todos los quelites crudos y hervidos se observaron concentraciones de 640.5 ± 83.4 y 249.5 ± 25.0 mg EAG/g MS (p <0.0001), respectivamente. De igual forma se observa en b) los valores de los FT en todos los quelites crudos y hervidos valores de 463.3 ± 85.6 y 115.3 ± 30.0 mg EAG/g MS (p = 0.0002), respectivamente. Finalmente se observan en c) los valores de los TC en todos los quelites crudos y hervidos donde fueron de 0.20 ± 0.01 y 0.53 ± 0.08 mg EC/g MS (p = 0.0001), respectivamente.

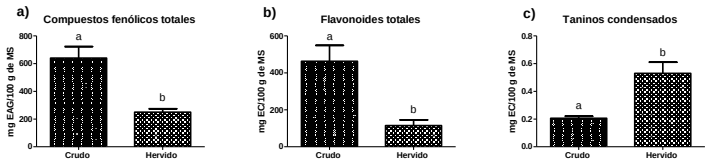


Figura 1. *Promedio de las ocho muestras de quelites, a) compuestos fenólicos totales, b) flavonoides totales y c) taninos condenados, crudos y hervidos. Los resultados se muestran como la media de n=3 determinaciones de cada uno de los 8 quelites ± desviación estándar. Se usó una prueba t de student pareada, se muestra la diferencia estadística significativa p=<0.05 con letras (a y b), EAG: equivalente de ácido gálico, EC: equivalente de catequina, MS: materia seca.*

En la Tabla 2 se muestra la comparación y el delta de cambio de las ocho diferentes especies de quelites presentes en la dieta tradicional mexicana entre crudo y hervido de la concentración de CFT. Se observa que todos los quelites disminuyeron en un promedio del 58% su concentración debido al tratamiento térmico del blanqueado culinario menos *Portulaca orleracea* el cual fue el único quelite con un aumento (26%) en la concentración de CFT por el tratamiento térmico, esto podría deberse a la cantidad de fenoles complejos en la composición total de fenoles que puedan descomponerse por el efecto térmico a fenoles simples aumentando así, la concentración total de compuestos fenólicos, además de las características físicas de la materia vegetal de la plántula en comparación con las demás siendo ésta más gruesa y de menor tamaño (Tabla 1). Es importante mencionar que el grado de degradación de los polifenoles depende del tiempo de procesamiento, el calor y el tamaño de la porción de las hojas comestibles.

Tabla 2. Compuestos fenólicos totales (CFT), análisis de materia seca de hoja cruda y hervida de diferentes especies de quelites.

	Compuestos fenólicos totales (CFT) (mg EAG/g MS)			
Quelite	Crudo	Hervido	*p*	Δ%

Chenopodium berlandieri	595.5	±	13.2	246.9	±	6.5	0.0001*	-58.5
Porophyllum guett	1626.0	±	75.0	99.3	±	7.6	0.0005*	-93.9
Beta vulgaris	585.2	±	42.2	387.9	±	26.8	0.0021*	-33.7
Curcubita maxima	271.0	±	38.9	178.5	±	21.1	0.0571	-34.1
Chenopodium ambrosioides	748.7	±	28.5	350.9	±	14.2	0.0014*	-53.1
Raphanus sativus	506.2	±	43.2	231.2	±	16.3	0.0050*	-54.3
Portulaca orleracea	330.6	±	16.3	417.4	±	45.1	0.0316*	+26.3
Amaranthus hybridus	460.3	±	68.3	83.9	±	11.8	0.0042*	-81.8

Los resultados se muestran como concentraciones promedio de n=3 determinaciones ± una desviación estándar. * *t* de student pareada, significa diferencia significativa (se muestra *p*) y Δ%: delta de cambio con base a la materia cruda, EAG: equivalentes de ácido gálico, MS: materia seca.

En la Tabla 3 se puede observar la comparación de la concentración de flavonoides totales entre hojas crudas y hervidas, en donde podemos observar que *Portulaca orleracea* en conjunto con *Curcubita máxima* tienen un aumento en la concentración de flavonoides por el efecto térmico del blanqueado. La verdolaga obtuvo un mayor aumento en la concentración de compuestos. Por otro lado, se observa en el resto de los quelites una disminución de las concentraciones totales de flavonoides por el efecto del blanqueado culinario, es similar entre toda la concentración de pérdida de compuestos el cual osciló entre 82 y 97%.

Tabla 3. Flavonoides totales (FT), análisis de materia seca de hoja cruda y hervida de diferentes especies de quelites.

	Flavonoides totales (FT) (mg EC/g MS)							
Quelite	Crudo			Hervido			*p*	Δ%
Chenopodium berlandieri	410.4	±	33.6	71.1	±	11.8	0.0014*	-82.7
Porophyllum guett	1464.0	±	115.0	85.9	±	72.3	0.0020*	-94.1
Beta vulgaris	237.7	±	35.1	21.5	±	10.6	0.0068*	-90.9
Curcubita maxima	65.1	±	7.9	90.1	±	25.0	0.1490	+38.4
Chenopodium ambrosioides	246.5	±	31.2	78.0	±	16.1	0.0054*	-68.4
Raphanus sativus	542.8	±	19.5	85.4	±	87.3	0.0087*	-84.3
Portulaca orleracea	213.7	±	54.1	477.1	±	42.2	0.0047*	+123.3
Amaranthus hybridus	526.2	±	61.1	13.7	±	7.1	0.0019*	-97.4

Los resultados se muestran como concentraciones promedio de n=3 determinaciones ± una desviación estándar. * *t* de student pareada, significa diferencia significativa (se muestra *p*) y Δ%: delta de cambio con base a la materia cruda, EC: equivalentes de catequina, MS: materia seca.

En la Tabla 4 se muestra, de igual forma que en las Tablas 2 y 3, pero con relación a los taninos condensados, en donde podemos observar al contrario que las tablas anteriores, un aumento en la concentración de taninos en la mayoría de los quelites. El más alto fue *Chenopodium ambrosioides* con un aumento aproximado de 430% y en menor proporción *Portulaca orleracea* con un aproximado de 20%. Todos estadísticamente diferentes con relación al aumento de la concentración de taninos condensados por el efecto del hervido culinario.

Hernández-Aguierre y colaboradores (2020), mencionan que los factores no nutricionales (NNF) los taninos condensados, CFT y FT que tienen efectos negativos sobre la salud humana, pero por lo general, los NNF se eliminan al cocinar en donde observaron que la concentración se redujo los compuestos fenólicos totales (48%), taninos condensados (28%), flavonoides (65%) a diferencia de nuestros resultados que mostraron ser contrarios (Hernandez-Aguirre et al., 2020). Por otro lado, Luzardo-Ocampo y colaboradores (2019), mencionan que *Sorghum bicolor L. Moench* se ha utilizado escasamente como alimento humano debido a ciertos factores antinutricionales como los taninos que reducen su digestibilidad, aunque el grano es una fuente importante de compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos. La nixtamalización fue el procedimiento más eficaz para la reducción de taninos (74.3%). El ácido gálico resultó ser el compuesto fenólico más bioaccesible (6359 μg / g). Los fenólicos totales y los taninos condensados se correlacionaron con la capacidad antioxidante (ABTS / DPPH; R2: 0.30-0.43, p <0.05). Estos resultados confirman el potencial de los procedimientos térmicos para modificar significativamente la bioaccesibilidad de los compuestos fitoquímicos, mejorando sus concentraciones y reduciendo la concentración de taninos, al tiempo que mejoran su capacidad antioxidante (Luzardo-Ocampo et al., 2019).

Tabla 4. Taninos condensados (FT), análisis de materia seca de hoja cruda y hervida de diferentes especies de quelites.

	Taninos condensados (TC) (mg EC/g MS)			
Quelite	Crudo	Hervido	*p*	Δ%
Chenopodium berlandieri	0.201 ± 0.017	0.416 ± 0.070	0.0241*	+106.4
Porophyllum guett	0.174 ± 0.032	0.611 ± 0.001	0.0009*	+250.7
Beta vulgaris	0.332 ± 0.024	0.479 ± 0.010	0.0015*	+44.1
Curcubita maxima	0.102 ± 0.014	0.197 ± 0.007	0.0008*	+92.7
Chenopodium ambrosioides	0.280 ± 0.031	1.492 ± 0.068	0.0002*	+432.3
Raphanus sativus	0.201 ± 0.021	0.363 ± 0.045	0.0185*	+80.3
Portulaca orleracea	0.213 ± 0.004	0.258 ± 0.024	0.0348*	+21.2
Amaranthus hybridus	0.143 ± 0.014	0.425 ± 0.086	0.0112*	+197.4

Los resultados se muestran como concentraciones promedio de n=3 determinaciones ± una desviación estándar. * *t* de student pareada, significa diferencia significativa (se muestra *p*) y Δ%: delta de cambio con base a la materia cruda, EC: equivalentes de catequina, MS: materia seca.

En general, se observa la diferencia entre todos los quelites de los tres grupos de fitoquímicos ya mencionados agrupados por crudos y hervidos. En donde podemos observar en las hojas crudas en los CFT y FT del quelite con mayor concentración fue *Porophyllum ruderale* con 1626 ± 75.01 mg EAG/g MS y 1464 ± 115.0 mg EAG/g MS respectivamente, en donde los demás quelites tenían concentraciones similares. Por el lado de los TC de hoja cruda se observó que la mayor concentración la obtuvo *Beta vulgaris* y *Chenopodium ambrosioides* con concentraciones de 0.3322 ± 0.02439 mg EC/g MS y 0.2803 ± 0.03125 mg EC/g MS respectivamente. Por otro lado, la concentración de los fitoquímicos hervidos como vimos anteriormente varía, dentro de los CFT y FT el quelite con mayor concentración se observó en *Portulaca orleracea* la cual superó las concentraciones en crudo en ambas pruebas con concentraciones de 417.4 ± 45.07 mg EAG/g MS y 477.1 ± 42.18 mg EAG/g MS respectivamente. Por último, en los TC de hojas hervidas se observó una mayor concentración de *Chenopodium ambrosioides* con 1.492 ± 0.06766 mg EC/g MS, siendo mayor que las concentraciones en crudo.

Discusión y Conclusiones

Gunathilake y colaboradores (2018) observaron el efecto térmico en el contenido de fenoles y flavonoides de distintas plantas comestibles, para ello agregaron las muestras (100 g / 150 mL) y se cocinaron a fuego moderado durante 5 min. Ellos reportaron que las hojas de *O. zeylanica, S. grandiflora* y *P. edulis* mostraron un contenido total de polifenoles significativamente mayor ($p < 0.05$) en sus muestras crudas en comparación con sus muestras cocidas como fue en nuestro caso con todos los quelites menos en *Portulaca orleracea*. Esto puede indicar que la cocción generó perdida de los compuestos fenoles en estos tipos de hojas. Sin embargo, mencionan que en las hojas de *C. auriculata* mostraron un contenido de polifenoles totales más de dos veces mayor en hojas hervidas en comparación con su forma cruda, así como en el presente estudio con *Portulaca orleracea* que aumentó un 26% en su forma hervida (Gunathilake et al., 2018).

Algunos investigadores han demostrado que los procesos térmicos de bajo grado no afectan el nivel de polifenoles en el tejido vegetal. Además, los tratamientos térmicos pueden inactivar las enzimas oxidativas que son responsables de la oxidación de los antioxidantes y, como resultado, pueden aumentar la actividad antioxidante (Ewald et al., 1999).

Así mismo, El aumento de fenoles totales en *Portulaca orleracea* concuerda con Turkmen y colaboradores (2005), en la medida en que la cocción podría aumentar el contenido de fenoles en algunas verduras como las judías verdes, el brócoli y la pimienta. Además, se informó que la base del aumento en el contenido de fenoles durante la cocción no podía establecerse categóricamente. Sin embargo, podría atribuirse a la posible descomposición de los compuestos fenólicos complejos como los taninos presentes en las verduras durante el procesamiento térmico en polifenoles simples (Turkmen et al., 2005). Por otro lado, Ferracane y colaboradores (2008) informaron que el aumento de polifenoles totales durante el procesamiento térmico podría deberse a la liberación de polifenoles de los complejos proteicos intracelulares, cambios en la estructura celular de la planta, modificaciones de la matriz o inactivación de las polifenoles-oxidasas. Además, los tratamientos térmicos podrían inactivar las polifenoles-oxidasas, evitando la oxidación y

polimerización de los polifenoles (Ferracane et al., 2008). Por otro lado, Managa y colaboradores en 2019 observaron que el blanqueado en un baño de agua a 95 °C usando agua como vehículo, aumentó significativamente el contenido fenólico total en la col china en comparación con las hojas crudas. Sin embargo, con una concentración creciente de jugo de limón, se notó una tendencia a la baja en el contenido fenólico total. Cuando se utilizó jugo de limón al 10% como medio para blanquear, el contenido fenólico total se mantuvo en niveles similares a los de las hojas crudas. Los autores mencionan que los tratamientos de blanqueo térmico inactivan la actividad de la polifenol-oxidasa que utiliza los polifenoles como sustratos para la reacción de oscurecimiento. Sin embargo, algunos investigadores han demostrado una disminución en los compuestos fenólicos totales debido a la degradación térmica y la lixiviación en el agua (Managa et al., 2019).

De igual forma, Gunathilake y colaboradores en 2008 evaluaron el contenido de flavonoides totales donde mencionan que éstos son compuestos termosensibles. Por tanto, la exposición al calor durante la cocción podría influir en gran medida en su concentración. Mostraron que el contenido total de flavonoides aumentó significativamente ($p < 0.05$) en comparación con todas las formas crudas después de la ebullición, excepto *P. edulis*. Los aumentos porcentuales del contenido de flavonoides en hojas hervidas de *O. zeylanica, C. auriculata, S. grandiflora, G. lactiferum* y *C. asiatica* fueron 163%, 140%, 160%, 197% y 120% respectivamente, en comparación con sus hojas crudas (Gunathilake et al., 2018). En nuestro caso solo *Curcubita máxima* y *Portulaca orleracea* aumentaron su concentración debido al efecto térmico del blanqueado culinario. Este aumento en el contenido de flavonoides posterior a la ebullición puede estar relacionado con una mayor disponibilidad para la extracción y con una liberación más eficiente de fenoles y compuestos flavonoides, así como de proteínas intracelulares y estructuras de la pared celular alteradas (Wachtel-Galor et al., 2008).

Del mismo modo, Mazzeo y colaboradores en 2011 informaron del incremento en la concentración de los flavonoides, pero en brócoli y espinacas al momento de someterlos a un proceso térmico (Mazzeo et al., 2011). Se menciona que al igual que en los fenoles, el contenido de flavonoides en todas las hojas hervidas fue significativamente menor ($p < 0.05$) en comparación con su contenido crudo. Sin embargo, debido a la menor solubilidad en agua de los flavonoides en forma de glucósidos flavonoides y derivados acilados, menos de estos flavonoides se extraen de los tejidos vegetales mediante el proceso de cocción en comparación con los derivados glucurónidos altamente solubles. Por lo tanto, la mayoría de los glicósidos flavonoides y sus formas aciladas se retienen en el tejido durante el proceso de cocción. En consecuencia, la variación en las pérdidas y ganancias de flavonoides debido a los tratamientos de cocción en los tipos de hojas estudiadas podría deberse a los tipos de cocción, la naturaleza de las hojas y las formas de los flavonoides presentes en las matrices de las plantas (Gunathilake et al., 2018).

Por otro lado, Cortez-García y colaboradores analizaron muestras de frutas endémicas mexicanas y mencionan que el contenido de FT encontrado para el xoconostle fresco fue de 1.19 mg EC / g de MS. Después de la cocción, los FT se mantuvieron sin cambios en el xoconostle hervido en comparación con la fruta fresca.

Esta observación concuerda con hallazgos previos que informan de que el tratamiento térmico aumenta el nivel de flavonoides. Por ejemplo, Roy y colaboradores (2009), encontraron que el brócoli cocido al vapor durante 5 y 10 minutos resultó en aumentos en FT en 2.5 y 3.5 veces, respectivamente. Tal aumento en el contenido de flavonoides se debe principalmente a una mayor liberación de fitoquímicos de la matriz, que se hace más accesible durante el procesamiento térmico debido a la alteración de las membranas celulares y las paredes celulares, liberando así fitoquímicos que aumentan la reserva de flavonoides (Roy et al., 2009). No podemos comparar ambos efectos debido al tiempo de exposición al calor, pero si podemos acercarnos de forma general al efecto térmico en materia vegetal para la liberación de moléculas complejas a simples.

Es importante mencionar que es complicado comparar la concentración del perfil fenólico

reportada en otros estudios debido a las diferencias dentro de las condiciones en las que se desarrolló la planta, así como las variaciones en la metodología y forma de expresión de resultados. Por ejemplo, las características ambientales influyen en los tipos de estrés bióticos y abióticos en los cuales se encuentra la planta y sintetiza en consecuencia diferentes metabolitos secundarios. Algunas variaciones ambientales son la altitud, la temporada del año, la calidad del suelo, la cantidad de radiación solar, la frecuencia de riego, la calidad del agua, plagas, entre otros. Además, el tipo de manipulación de la planta desde la cosecha hasta el almacenamiento. En resumen, los factores que afectan principalmente son los tiempos de cosecha, las condiciones climáticas y agronómicas, así como los lugares de cultivo. Asimismo, tipo de secado de las hojas es un punto importante el cual se debe considerar. No todos los estudios cuentan con tal información. Se conoce que el incremento en la temperatura incrementa el riesgo de perder compuestos de interés, por lo que el procesamiento postcosecha como el tipo de secado es importante para evitar la degradación de diversos componentes con potencial bioactivo. Puede ser por liofilización o secado a temperaturas como 40°C por determinado tiempo (24 - 48 h aproximadamente) hasta obtener un peso constante. El molido de la muestra es otro aspecto a considerar en las metodologías de análisis debido a que el tamaño de partícula se relaciona con la superficie de contacto que tiene la muestra para interactuar con los medios extractantes y esto afecta la cantidad de compuestos que puedan ser extraídos de la materia vegetal. Otro punto importante es el solvente utilizado para la extracción. En el presente estudio se utilizó agua que se añadió a la materia seca. Shang y colaboradores (2005) reportaron el contenido de fenoles en 26 extractos de especias comunes de plantas con rangos de 0.04 a 14.38 g EAG /100 g MS). Ellos reportaron que de la muestra vegetal en polvo (2 g) los compuestos fenólicos fueron extraídos con 50 ml de metanol al 80% a temperatura ambiente (23 °C) durante 24 h (Shan et al., 2005). Por último, las técnicas difieren por reactivos y protocolos que complican la comparación de resultados, además de las unidades en las que se expresan, siendo necesario homologar las condiciones de análisis para obtener resultados comparables entre diferentes muestras vegetales (Kuri-García et al., 2017).

En forma de conclusión, el presente estudio demostró la importancia que tiene identificar las modificaciones culinarias que se producen dentro de la cocina mexicana para seleccionar de manera informada el tipo de preparación si se busca un efecto positivo en la salud. Se observó en promedio una disminución en los CFT y en los FT; y un aumento en los TC por el banqueado culinario en todos los quelites analizados. Es importante conocer los resultados presentados para poder dar mejores recomendaciones al momento de seleccionar el tipo de preparación culinaria de los alimentos, si buscamos beneficios extras además de los que nos brindan los quelites de forma natural. Se propone analizar las propiedades organolépticas de los quelites estudiados para proponer un recetario de quelites endémicos mexicanos de la cocina tradicional mexicana en un futuro, además de que se necesita más información para la identificación de compuestos independientes para conocer su comportamiento dentro del complejo del perfil fenólico en los procesos culinarios presentes en la cocina tradicional mexicana.

Referencias Bibliográficas

Ewald, C., Fjelkner-Modig, S., Johansson, K., Sjöholm, I., & Åkesson, B. (1999). Effect of processing on major flavonoids in processed onions, green beans, and peas. *Food Chemistry*, *64*(2), 231–235. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00136-8

Ferracane, R., Pellegrini, N., Visconti, A., Graziani, G., Chiavaro, E., Miglio, C., & Fogliano, V. (2008). Effects of different cooking methods on antioxidant profile, antioxidant capacity, and physical characteristics of artichoke. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(18), 8601–8608. https://doi.org/10.1021/jf800408w

Gunathilake, K., Ranaweera, K., & Rupasinghe, H. (2018). Effect of Different Cooking Methods on Polyphenols, Carotenoids and Antioxidant Activities of Selected Edible Leaves. *Antioxidants*, *7*(9), 117. https://doi.org/10.3390/antiox7090117

Hernandez-Aguirre, A. I., Téllez-Pérez, C., Martín-Azócar, A. S., & Cardador-Martínez, A. (2020). Effect of instant controlled pressure-drop (DIC), cooking and germination on non-nutritional factors of common vetch (Vicia sativa spp.). *Molecules*, *25*(1). https://doi.org/10.3390/molecules25010151

Kuri-García, A., Chávez-Servín, J. L., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2017). *Journal of Medicinal Plants Research Phenolic profile and antioxidant capacity of Cnidoscolus chayamansa and Cnidoscolus aconitifolius: A review*. *11*(45), 713–727. https://doi.org/10.5897/JMPR2017.6512

Luzardo-Ocampo, I., Ramírez-Jiménez, A. K., Cabrera-Ramírez, Á. H., Rodríguez-Castillo, N., Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Gaytán-Martínez, M. (2019). Impact of cooking and nixtamalization on the bioaccessibility and antioxidant capacity of phenolic compounds from two sorghum varieties. *Food Chemistry*, *309*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125684

Managa, M. G., Remize, F., Garcia, C., & Sivakumar, D. (2019). Effect of moist cooking blanching on colour, phenolic metabolites and glucosinolate content in Chinese cabbage (Brassica rapa L. Sub Sp. Chinensis). *Foods*, *8*(9). https://doi.org/10.3390/foods8090399

Managa, M. G., Shai, J., Thi Phan, A. D., Sultanbawa, Y., & Sivakumar, D. (2020). Impact of Household Cooking Techniques on African Nightshade and Chinese Cabbage on Phenolic Compounds, Antinutrients, in vitro Antioxidant, and β-Glucosidase Activity. *Frontiers in Nutrition*, *7*. https://doi.org/10.3389/fnut.2020.580550

Martínez-González, M. A., Gea, A., & Ruiz-Canela, M. (2019). The Mediterranean Diet and Cardiovascular Health: A Critical Review. In *Circulation Research* (Vol. 124, Issue 5, pp. 779–798). Lippincott Williams and Wilkins. https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.313348

Mateos-Maces, L., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., Aquino-Bolaños, E. N., Alba-Jiménez, J. E., & Villagómez-González, B. B. (2020). Edible leafy plants from Mexico as sources of antioxidant compounds, and their nutritional, nutraceutical and antimicrobial potential: A review. In *Antioxidants* (Vol. 9, Issue 6, pp. 1–24). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/antiox9060541

Mazzeo, T., N'Dri, D., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2011). Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables. *Food Chemistry*, *128*(3), 627–633. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.070

Roy, M. K., Juneja, L. R., Isobe, S., & Tsushida, T. (2009). Steam processed broccoli (Brassica oleracea) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems. *Food Chemistry*, *114*(1), 263–269. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.050

Santiago-Saenz, Y. O., Hernández-Fuentes, A., Monroy-Torres, R., Cariño-Cortés, R., & Jiménez-Alvarado, R. (2018). Physicochemical, nutritional and antioxidant characterization of three vegetables (Amaranthus hybridus L., Chenopodium berlandieri L., Portulaca oleracea L.) as potential sources of phytochemicals and bioactive compounds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *12*(4), 2855–2864. https://doi.org/10.1007/s11694-018-9900-7

Santiago-Saenz, Y. O., López-Palestina, C. U., Gutiérrez-Tlahque, J., Monroy-Torres, R., Pinedo-Espinoza, J. M., & Hernández-Fuentes, A. D. (2020). Nutritional and functional evaluation of three powder mixtures based on mexican quelites: Alternative ingredients to formulate food supplements. *Food Science and Technology*, *40*(4), 1029–1037. https://doi.org/10.1590/fst.28419

Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*(20), 7749–7759. https://doi.org/10.1021/jf051513y

Tsiompah, G., Murwani, R., & Maharani, N. (2021). Effects of Cooking Method on the Antioxidant Activity and Inhibition of Lipid Peroxidation of the Javanese Salad "Pecel" Vegetables and Its Peanut Sauce Dressing. *International Journal of Food Science*, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/8814606

Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, *93*(4), 713–718. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038

Valerino-Perea, S., Lara-Castor, L., Armstrong, M. E. G., & Papadaki, A. (2019). Definition of the traditional mexican diet and its role in health: A systematic review. *Nutrients*, *11*(11). https://doi.org/10.3390/nu11112803

Wachtel-Galor, S., Wong, K. W., & Benzie, I. F. F. (2008). The effect of cooking on Brassica vegetables. *Food Chemistry*, *110*(3), 706–710. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.056

Xu, G., Ye, X., Chen, J., & Liu, D. (2007). Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(2), 330–335. https://doi.org/10.1021/jf062517l

Asociación entre alimentación complementaria y obesidad en niños escolares

Autoría:

Dra. Gabriela Olmedo Pérez

Médico Residente del Curso de Especialización en Medicina Familiar

Unidad de adscripción: UMF No 16

Matricula: 99239892

Celular: 2464590916

Correo electrónico: gabyop92@gmail.com

Director de tesis:

Dra. Patricia Flores Bautista

Maestría en Ciencias de la Educación

Especialista en Medicina Familiar

Unidad de adscripción: UMF No 16

Matricula: 99225723

Celular: 4421779211

Correo electrónico: patricia.floresb@imss.gob.mx

Codirector

Dra. Prishila Danae Reyes Chávez

Maestría en Ciencias de la Educación

Especialista en Medicina Familiar

Unidad de adscripción: UMF No 16

Matricula: 99234836

Celular: 4423470675

Correo electrónico: prishila.reyes@imss.gob.mx

Resumen: Objetivo general: Estimar la asociación entre el tiempo de inicio de la alimentación complementaria temprana y la obesidad en niños en etapa escolar**. Material y métodos:** Estudio transversal analítico, se incluyeron niños entre seis y once años de edad, ambos sexos, con asentimiento y consentimiento de tutor, se excluyeron pacientes con enfermedades conocidas previamente que pudieran alterar su metabolismo. Se formaron dos grupos de pacientes con obesidad y sin obesidad, se analizó la asociación entre el inicio de la alimentación complementaria, ya sea oportuna o temprana, con tamaño de muestra (n= 65 por grupo**)** se calculó con la formula tamaño de muestra para dos proporciones con un nivel de confianza de 95% y poder de la prueba de 80%. Se empleó el muestreo no probabilístico por conveniencia. Se analizaron promedios, intervalos de confianza, porcentajes, Chi cuadrada. **Resultados:** Se analizó a un grupo de 158, 131 participantes fueron divididos en grupos de alimentación complementaria temprana u oportuna con determinación del estado nutricional (normopeso u obesidad), 30 pacientes con normopeso y 44 con obesidad respecto al grupo de alimentación complementaria temprana, 36 en normopeso y 21 en obesidad con alimentación complementaria oportuna. Debido a la no normalidad en la distribución de los datos de las variables (p 0.01), se encontró diferencia estadística. **Conclusiones:** En este estudio se estimó un resultado estadísticamente significativo entre la obesidad en escolares y el inicio de una alimentación complementaria temprana.

Abstract

Objective: Estimate the association between early complementary feeding and obesity in school-age children. **Material and methods:** Analytical cross-sectional study, children between six and eleven years old, both sexes, were included with the consent of

participants and tutors, patients with previously known diseases that could alter their metabolism were excluded. Two groups of patients with obesity and without obesity were formed, the association between the complementary feeding, either timely or early, was analyzed with a sample size (n = 65 per group), it was calculated with the sample size formula for two proportions with a 95% confidence level and 80% power of the test. Non-probability convenience sampling was used. Averages, confidence intervals, percentages, Chi squared were analyzed. **Results:** A group of 158 was analyzed, 131 participants were divided into groups of early or timely complementary feeding with determination of nutritional status (normal weight or obesity), 30 patients with normal weight and 44 with obesity compared to the group of early complementary feeding, 36 in normal weight and 21 in obesity with timely complementary feeding. Due to the non-normality in the distribution of the data of the variables (p 0.01), a statistical difference was found. **Conclusions:** Due to the high percentage of obese patients estimated in this study, a significant statistic can be made between obesity and the start of an early complementary feeding.

Palabras clave:

Obesidad, escolares, alimentación complementaria temprana

Introducción:

Una nutrición adecuada desde el nacimiento a los dos años de edad es importante para un desarrollo adecuado pues es en esta etapa cuando se presentan procesos de maduración de sistema nervioso, así como digestivo. Hasta los seis meses de vida el único alimento necesario para satisfacer las necesidades de crecimiento y desarrollo es la leche materna, otorgar otro alimento se considera no adecuado pues en esta etapa el lactante solo cuenta con reflejos primarios de succión y deglución.[2]

Para dar inicio a la alimentación complementaria es necesario el desarrollo de funciones digestivas, la deglución de solidos se ve impedida hasta en quinto mes de vida por los movimientos de extrusión de la lengua, los movimientos masticatorios se presentan entre el séptimo y noveno mes de vida y el tono del esfínter esofágico inferior aumenta en los 6 primeros meses, cuando el intestino está maduro.[3]

Es también posterior a los seis meses cuando el intestino mejora su capacidad de barrera mecánica, disminuyendo la entrada de alérgenos alimentarios. En cuanto a la función renal es hasta los seis meses el riñón alcanza cerca de 75-80% de la función del adulto, lo que le permite al lactante emplear una carga más alta de solutos [9]

La introducción previa a los seis meses de edad de la alimentación complementaria en los países desarrollados se ha relacionado con problemas gastrointestinales, infecciones de tracto respiratorio y con un mayor riesgo de alergia y atopia, pero la relación con el crecimiento y la composición corporal aún no está clara Se ha descubierto que la introducción de alimentos complementarios aumenta la secreción de la hormona grelina, que estimula el apetito y aumenta el consumo de alimentos por lo que conduce a un índice de masa corporal (IMC) más alto en modelos animales.[18]

Algunos organismos nacionales e internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), La Academia Americana de Pediatría, Asociación Mexicana de Pediatría, Confederación Nacional de Pediatría de México y Secretaría de Salud en México, recomiendan la lactancia materna exclusiva por seis meses para iniciar posteriormente con los alimentos complementarios.[14]

Pearce y colaboradores publicaron resultados de una revisión sistemática para identificar la asociación entre el tiempo de introducción de alimentos complementarios y el riesgo de sobrepeso u obesidad en la niñez. Llegaron a la conclusión de que la introducción de alimentos complementarios antes de los cuatro meses de edad (versus la introducción entre los cuatro y seis o después de los seis meses) puede incrementar el porcentaje de masa grasa y el riesgo de sobrepeso en la niñez. [15]

En Holanda, De Beer y colaboradores hicieron una evaluación sobre los datos de composición corporal de 2,227 niños de cinco a seis años de edad, e identificaron que la lactancia materna y la introducción de alimentos complementarios después de los seis meses de edad (vs<4 meses) se asociaron a menor masa grasa ($p<0.01$).[16]

Abordando el tema de la obesidad infantil en un estudio transversal comparativo realizado en Cancún, Quintana Roo en el año 2015 en niños de 2 a 4 años de edad se obtuvo que la edad de inicio de la alimentación complementaria o la introducción de alimentos sólidos antes de los 6 meses de edad, la obesidad se presentó 3,3 veces más que en los niños sin obesidad y que la iniciaron.15 Con lo anterior es importante identificar los determinantes para desarrollar intervenciones dirigidas para desalentar la introducción temprana de alimentación complementaria[17]

Dado que un tercio de los niños obesos en edad preescolar y la mitad de los escolares obesos siguen siendo obesos en la edad adulta, las intervenciones de prevención temprana y promoción de la salud son necesarias para reducir el gran número de adultos con sobrepeso y obesidad, además de contribuir a disminuir la morbilidad y la mortalidad en la edad adulta [15]

Este estudio tiene como objetivo general estimar la asociación entre el inicio de la alimentación complementaria y la obesidad en niños en etapa escolar y como objetivos específicos estimar la asociación entre alimentación complementaria de inicio temprano y obesidad en niños etapa escolar, así como estimar la asociación entre alimentación complementaria de inicio oportuno y obesidad en niños en etapa escolar.

Metodología:

Posterior a la autorización por el Comité Local de Ética e Investigación del IMSS, Querétaro, se realizó un estudio transversal analítico tipo asociación con un muestreo no probabilístico por conveniencia donde se incluyeron niños en etapa escolar (de seis a once años de edad) con obesidad y con normopeso captados en la Unidad de Medicina Familiar Número 16, delegación Querétaro que, posterior a explicar tanto al padre o tutor como al niño o niña el objetivo del estudio a realizar e invitación, aceptaran participar en el estudio por medio de asentimiento informado y que cuenten con firma de tutor de consentimiento informado.

La edad media más baja de los niños se limitó a seis años para estar razonablemente seguros de que la mayoría de los niños superaban el rebote de adiposidad. La edad máxima de los niños era de 11 años 11 meses para reducir el riesgo de confusión asociado con el largo intervalo entre la medición de la exposición y la medición del resultado y un posible cambio en la dieta y rebote de adiposidad durante la adolescencia.

Se excluyeron pacientes con comorbilidades presentes en el momento del estudio que puedan afectar su estado nutricional (enfermedades inmunológicas lupus, VIH, enfermedades genéticas, síndrome de Turner, síndrome de Down, Prader Willi, diabetes mellitus, intolerancia a la proteína de leche) o que tuvieran alguna limitación física en el momento del estudio, para estimar los parámetros necesarios incluidos en el índice de masa corporal. Como criterio de eliminación se tomó hoja de recolección de datos incompletos.

El tamaño de muestra se estimó con fórmula para dos proporciones obteniendo un tamaño de muestra de 65 por grupo con un nivel de confianza de 95% y poder de la prueba de 80%.

Se invitó al participante siempre en compañía del padre o tutor a pasar al aula preparada para cuidar la privacidad de los mismos, se solicitaron los siguientes datos sociodemográficos que fueron plasmados en la hoja de recolección: edad, sexo, numero de seguridad social (en caso de contar con el), edad de inicio de alimentación complementaria temprana u oportuna.

Posteriormente se procedió a realizar la estimación del estado nutricional con el material que a continuación se describe: báscula digital Tanita BC-601FS, que cuenta con pesaje de gran precisión (cuenta con adaptación a las normas ISO 9001) y con capacidad máxima de peso de 150 kg, con display digital, registro de hasta 4 perfiles y medidor de masa corporal, plataforma de plástico. Dicha bascula esta calibrada en kilogramos. Además, se contó con estadímetro marca Avanutri que cuenta con un rango de medición de 20 cm a 210 cm, la escala en el lateral del estadímetro permite consultar la talla durante la medición, lo cual asegura la precisión de los resultados.

Las mediciones fueron realizadas por personal capacitado, se calculó IMC y se utilizaron percentiles de acuerdo a lo establecido por OMS para niños y niñas entre 5 y 19 años

Los datos obtenidos fueron resguardados y encriptados por número de folio resguardando la privacidad del participante. Posteriormente fueron organizados en una base de datos para su análisis estadístico, frecuencias, porcentajes, desviación estándar, intervalo de confianza y Chi cuadrada por lo tanto los resultados obtenidos se representarán por medio de cuadros y gráficas.

Resultados:

Se analizó un total de 158 niños de los cuales 72 corresponden al sexo femenino (45.5%) y 86 corresponden al sexo masculino (55%), con un promedio de edad de 7.9 años.

Con esta población se conformaron dos grupos: respecto al antecedente de inicio de alimentación complementaria, el primero con alimentación complementaria de inicio temprano y el segundo grupo con alimentación complementaria oportuna, así como la determinación del estado nutricional en base al índice de masa corporal al momento del estudio de cada uno de los participantes.

Tabla 1 Descripción de la población de estudio

Frecuencias		
	Numero	Porcentajes
Genero		
Mujer	72	45%
Hombre	86	55%
Edad		
6 a7 años	80	51%
8 a 9 años	37	23%
10 a 11 años	41	26%
Estado nutricional		
Normopeso	66	42%
Sobrepeso	27	17%
Obesidad	65	41%
Edad de inicio de alimentación complementaria		
Temprana	87	55%
Oportuna	71	45%

El primer grupo que corresponde a alimentación complementaria temprana (previa a los seis meses de edad) con un total de 55% de participantes (87) y el que corresponde a la alimentación complementaria de manera oportuna cuenta con un total de 45% de participantes (71).

Para poder lograr una estimación adecuada se determinó el número total de pacientes con normopeso, otro grupo con sobrepeso y un tercer grupo con obesidad, esto en base al índice de masa corporal al momento del estudio. Con un total de 42% participantes (66) en normopeso, 17% participantes (27) en sobrepeso y 41% participantes (65) en obesidad.

Se analizó también a los participantes con sobrepeso para comparar los dos grupos previamente mencionados respecto al inicio de la alimentación complementaria.

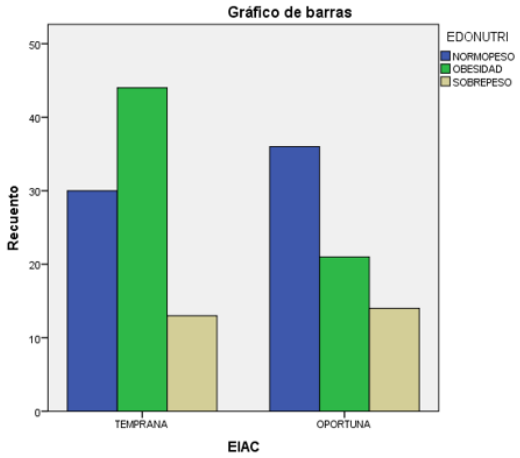


Figura 2. Gráfico de barras. Edad de inicio de alimentación complementaria (EIAC) y estado nutricional de niños escolares (EDONUTRI).

Se realizó una comparación mediante sistema operativo IBM SPSS2020 con el resultado estadístico de Chi^2, esto debido a que en estadística aplicada se denomina a cualquier prueba en la que se utilice una distribución en caso de que nuestra hipótesis sea nula

El primer grupo con un total de 131 pacientes divididos en grupos de inicio de alimentación complementaria temprana u oportuna con determinación del estado nutricional sea normopeso u obesidad, el cual corresponde a un total de 30 pacientes con normopeso y 44 con obesidad respecto al grupo de alimentación complementaria temprana, esto comparado con 36 en normopeso y 21 en obesidad con alimentación complementaria oportuna (Tabla 3). Debido a la no normalidad en la distribución de los datos de las variables (p 0.01), se encontró diferencia estadística (Tabla 4).

		Estado nutricional		Total
		Normopeso	Obesidad	
EIAC	Temprana	30	44	74
	Oportuna	36	21	57
Total		66	65	131

Tabla 3. Tabla de contingencia edad de inicio de alimentación complementaria (EIAC) y estado nutricional normopeso y obesidad.

Prueba de Chi-cuadrada de Pearson	
Valor	Significancia asintótica
6.5	0.01

Tabla 4. Prueba de Chi-cuadrada. Edad de inicio de alimentación complementaria y estado nutricional normopeso y obesidad.

Se analizó un segundo grupo con un total de 93 pacientes divididos en grupos de inicio de alimentación complementaria temprana u oportuna con determinación del estado nutricional sea normopeso o sobrepeso, el cual corresponde a un total de 30 pacientes con normopeso y 13 con sobrepeso en el grupo de alimentación complementaria temprana, comparado con 36 en normopeso y 14 en sobrepeso con alimentación complementaria oportuna (Tabla 5). Debido a la normalidad en la distribución de los datos de las variables (p 0.81), no se encontró diferencia estadística (Tabla 6).

		Estado nutricional		Total
		Normopeso	Sobrepeso	
EIAC	Temprana	30	13	43
	Oportuna	36	14	50
Total		66	27	93

Tabla 5. Tabla de contingencia edad de inicio de alimentación complementaria (EIAC) y estado nutricional normopeso y sobrepeso.

Prueba de Chi-cuadrada de Pearson	
Valor	Significancia asintótica
0.56	0.81

Tabla 6. Prueba de Chi-cuadrada. Edad de inicio de alimentación complementaria y estado nutricional normopeso y sobrepeso.

Conclusiones:

El determinar un índice de masa corporal respecto al inicio de alimentación complementaria temprana u oportuna puede ser multifactorial, en este estudio se puede observar una estadística significativa entre la obesidad y el inicio de una alimentación complementaria temprana; no así entre los participantes estudiados de sobrepeso en comparación con normopeso.

Referencias bibliográficas:

1. Hernández, M.T. (2015). Alimentación complementaria. Curso de Actualización. Pediatría. Madrid: Exlibris Ediciones AEPap ed. p.249-56.
2. Arriola, A., Lazo, B. X., Chinchilla, J. (2016). Fundamentos sobre Alimentación del lactante sano. Honduras: Acta Pediátrica Hondureña, Vol. 7, No. 1
3. Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud. (2010). La alimentación del lactante y del niño pequeño: Capítulo: Modelo para libros de texto dirigidos a estudiantes de medicina y otras ciencias de la salud, Ginebra, Suiza.
4. Pérez, A.B. (2011). Alimentación complementaria. Departamento de Salud, Universidad Iberoamericana, México, D.F. Gaceta Médica de México. Vol. 147 p.39-45
5. Romero, E., Villalpando, S., Pérez, A.B., Iracheta, M., Alonso, C.G., López, G.E., Et All (2016). Consenso para las prácticas de alimentación complementaria en lactantes sanos. Boletín médico del Hospital Infantil de México vol. 73 p.338-356. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/pdf/bmim/v73n5/1665-1146-bmim-73-05-00338.pdf
6. Delgado, M., Mera, A., Sierra F. (2017). Conocimientos maternos sobre alimentación complementaria en Latinoamérica: revisión narrativa. Cauca. Revista de ciencias de la salud, universidad de Cauca, Vol 19 No. 2
7. UNICEF. (2013). Improving Child Nutrition: The achievable imperative for global progress. New York. USA.
8. Pardío, J. (2012). Alimentación complementaria del niño de seis a 12 meses de edad, México: Acta Pediatría Vol 33(2) p. 80-88
9. Alimentación del lactante y del niño de corta edad. (2019) Guías conjuntas de Patología Digestiva Pediátrica Atención Primaria-Especializada. Madrid. Disponible en: http://www.ampap.es/wpcontent/uploads/2019/04/Alimentacion-del-lactante-y-del-ni%C3%B1o-de-corta-edad.pdf
10. Acta Pediátrica de México (2014). Consenso mexicano de ablactación. México Volumen 25, Suplemento 11,.Disponible en: http://189.203.43.34:8180/bitstream/20.500.12103/1880/1/ActPed2004-Sup2.pdf
11. Sandoval, I., Jiménez, M.V., Olivares, S., De la Cruz, T., (2016). Lactancia materna, alimentación complementaria y el riesgo de obesidad infantil. Atención Primaria; Vol. 48 p.572-578
12. Gibbs, B.G., Forste, R., (2014). Socioeconomic status, infant feeding practices and early childhood obesity Pediatrist Obesity, pp. 135-146
13. Wang, L., Van Grieken, A., Van der Velde, L.A., Vlasblom, E., Beltman, M., L'Hoir, M.P. (2019). Factores asociados con la introducción temprana de la alimentación complementaria y el consumo de alimentos no recomendados entre los bebés holandeses: el estudio BeeBOFT. Holanda: BMC salud pública, Vol 19 p. 388. doi: 10.1186 / s12889-019-6722-4
14. Kronborg, H., Foverskov, E., Vaeth, M. (2014). Predictors for early introduction of solid food among Danish mothers and infants: an observational study. Denmark: BMC Pediatric. Vol14 p. 243. doi: 10.1186/1471-2431-14-243.
15. Pearce, J., Taylor, M. A., & Langley-Evans, S. C. (2013). Timing of the introduction of complementary feeding and risk of childhood obesity: a systematic review. *International journal of obesity*, *37*(10), 1295–1306. https://doi.org/10.1038/ijo.2013.99
16. M de Beer, M., Vrijkotte, T. G., Fall, C. H., van Eijsden, M., Osmond, C., & Gemke, R. J. (2015). Associations of infant feeding and timing of linear growth and relative weight gain during early life with childhood body composition. Lond: *International journal of obesity* , *39*(4), 586–592. https://doi.org/10.1038/ijo.2014.200
17. Sandoval Jurado, L., Jiménez Báez, M. V., Olivares Juárez, S., & de la Cruz Olvera, T. (2016). Lactancia materna, alimentación complementaria y el riesgo de obesidad

infantil [Breastfeeding, complementary feeding and risk of childhood obesity]. Atencion primaria, 48(9), 572–578. https://doi.org/10.1016/j.aprim.2015.10.004

18. Machado, K. (2016). Alimentación Complementaria: Perceptiva Y Preventiva. Uruguay: Revista Gastrohnup Vol. 15 p.36–44. Disponible en: http://ezproxy.upaep.mx:2062/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=103234418&lang=es&site=ehost-live
19. Cu, L., Villarreal, E., Rangel, B., Galicia, L., Vargas, E., Martinez, L. (2015) Factores de riesgo para sobrepeso y obesidad en lactantes. Chile: Rev. chil. nutr. Vol.42 p.139-144. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200004&lng=es. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200004.
20. Muñoz, F., Arango, C., (2017) Obesidad infantil: un nuevo enfoque para su estudio. Salud Uninorte Vol. 33 p. 492-503. Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81753881022

Detección de anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi* en estudiantes universitarios.

María Helena Villagrán Herrera[1], Juan Armando Reséndiz Aguilar[2], Alejandra Hernández Sosa[2], Konighinn Ludwika Derflingher Hernández[3].

[1]Posgrado. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
[2]Licenciatura de Médico General. Facultad de Medicina. UAQ. México.

mevh@uaq.mx
jarmandoresendiz70@gmail.com

Resumen.

La enfermedad de Chagas es una de las principales enfermedades tropicales desatendidas, potencialmente mortal. Por ello su detección es de suma importancia, principalmente en los grupos con mayor exposición. Por tal motivo se decidió llevar a cabo pruebas serológicas que permitieron determinar la prevalencia de anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi* en la población estudiantil de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, mismos que previamente respondieron una encuesta epidemiológica, para determinar el riesgo de exposición.

Objetivo: Determinar la seroprevalencia de estudiantes con anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi* en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Métodos: Previo consentimiento informado, se aplicó un cuestionario epidemiológico a una población de 83 estudiantes. Posteriormente, fueron citados a la toma de muestra. Se puncionó la vena cubital, obteniéndose dos muestras sanguíneas de 5 mL; una sin anticoagulante, para realizar una química sanguínea de 3 elementos y buscar anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi* mediante, ELISA lisado, ELISA recombinante, hemaglutinación indirecta (HAI); otra con EDTA para la llevar a cabo una biometría hemática.

Resultados: De los 83 participantes de entre 18 y 24 años, 25 afirmaron haber visto al vector, sin embargo, sólo 2 resultaron positivos a anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi*.

Conclusiones: El 2.5% de la población mostró seropositividad a anticuerpos anti-*T. cruzi*, mismos que en la encuesta epidemiológica afirmaron haber visto al vector en área peridomicilaria.

Abstract.

Background: American trypanosomiasis is one of the most important neglected diseases in America. Nevertheless, its consequences are life threatening, making opportune diagnosis essential to decrease the number of deaths due to this disease. Statistics from recent studies estimate there are 4.06 million people infected in Mexico, being Querétaro one of the states with highest seroprevalence. For this reason, it was decided to perform serological tests to determine the prevalence of anti-*Trypanosoma cruzi* antibodies in the student population of the Faculty of Medicine of the Autonomous University of Querétaro, which previously answered an epidemiological survey, to determine the risk of exposition.

Objective: Determine the seroprevalence of antibodies anti-*Trypanosoma cruzi* in students from the Faculty of Medicine of the Autonomous University of Queretaro

Material and methods: Previous informed consent, an epidemiologic survey was applied to a population of 83 students. Later, they were summoned to the blood sample collection. Their cubital vein was punctured, obtaining 2 5mL blood

samples; one without anticoagulant, for the blood chemistry of 3 elements and to look for antibodies through lysate ELISA, recombinant ELISA and indirect hemagglutination. The other sample was collected in a tube with EDTA to perform a hematic biometry.

Results: From the 83 participants between 18 and 24 years old, 25 insured seeing the vector, despite that, only 2 showed positive results for antibodies against *Trypanosoma cruzi*.

Conclusions: The 2.5% of the population manifested seropositivity to anti-*Trypanosoma cruzi* antibodies.

Palabras clave.

Trypanosoma cruzi, inmunoanálisis, protozoarios, triatoma, enfermedad de Chagas, immunoassay, protozoa, Chaga's disease.

Introducción.

La enfermedad de Chagas, también conocida como tripanosomiasis americana, es una infección parasitaria presente desde tiempos remotos. Se observó en momias de hace 9 mil años; además se demostró en una comunidad prehistórica que habitaba en el norte de Chile y el sur de Perú hace 4 mil años (Murillo-Godínez, 2018). Naturalistas del siglo 18 y 19, entre ellos Charles Darwin, proporcionaron las primeras descripciones confiables de su existencia y comportamiento, sin establecer asociación alguna entre el parásito, el vector y la enfermedad. No fue hasta que, en 1909, el Dr. Carlos Ribeiro Justiniano Chagas logró identificar por primera vez al parásito, describir los insectos transmisores y detallar algunos síntomas, incluyendo las alteraciones que pueden presentarse en el tejido cardíaco o en el sistema nervioso. Posteriormente, el Dr. Salvador Mazza llamó la atención de la comunidad científica hacia la enfermedad, redefinió la ruta de transmisión y describió los signos y síntomas característicos de la fase aguda (Álvarez-Hernández et al., 2018).

El *Trypanosoma cruzi*, agente etiológico de la tripanosomiasis americana, es un protozoario intracelular obligado, hemoflagelado. Pertenece al orden Kinetoplastida, familia Trypanosomatidae, género Trypanosoma y subgénero Schizotrypanum. Con base en su diversidad genética, se clasifica en 6 distintas unidades de tipificación discreta, relacionadas con su distribución geográfica, patogenia y manifestaciones clínicas (Pérez-Molina & Molina, 2018). Este parásito es transmitido a vertebrados susceptibles por hemípteros de la familia Reduviidae, principalmente de los géneros Triatoma. En México, el vector es conocido como chinche besucona. Se caracterizan por ser hematófagos obligados y tener hábitos nocturnos, aunado a una alimentación relacionada con bajos niveles de humedad para prevenir la deshidratación (Guarner, 2019). La mayoría de estos insectos se encuentran distribuidos a lo largo del continente americano, dando el nombre a la enfermedad.

El parásito tiene un ciclo de vida digenético, es decir, involucra la proliferación y diferenciación extracelular tanto en insectos vectores hematófagos de diferentes géneros, como intracelular en una variedad de hospedadores vertebrados (Balouz et al., 2017). Su ciclo reproductivo le permite existir en 3 formas diferentes: tripomastigotes metacíclicos, amastigotes y epimastigotes; cada una proporciona al parásito ciertas ventajas adaptativas. El ciclo inicia cuando el triatomino ingiere sangre contaminada con el parásito. Al encontrarse los *Trypanosoma cruzi* dentro del vector, los tripomastigotes se diferencian en epimastigotes, mismos que se reproducen por fisión binaria en el intestino medio del triatoma. Posteriormente se diferencian en tripomastigotes metacíclicos,

estadios parasitarios almacenados en la ampolla rectal para ser excretados a través de sus heces. Dado que el vector los expulsa mientras se alimenta, el parásito aprovecha esta oportunidad para ingresar al organismo del humano mediante la discontinuidad en la piel ocasionada por la picadura de este. Los tripomastigotes metacíclicos entran a las células y ahí se convierten en amastigotes, los cuales se reproducen nuevamente por fisión binaria en el interior de la célula y después se transforman en tripomastigotes. Finalmente habrá lisis celular, dando lugar a la salida de los parásitos hacia el torrente sanguíneo, siendo capaces de infectar otras células (Echeverria & Morillo, 2019).

Esta enfermedad se caracteriza por 2 fases: aguda y crónica. La fase aguda tiene un periodo de incubación de 4 a 14 días a partir de la inoculación del parásito. Inicia con la primoinfección y dura de 2 a 4 meses (Álvarez-Hernández et al., 2018). Suele ser asintomática en el 95% de los casos, en el 5% restante presenta signos y síntomas leves e inespecíficos de un síndrome infeccioso, relacionados principalmente con el sitio de inoculación o manifestaciones sistémicas. Estos incluyen: signo de Romaña, fiebre, adenomegalias, hepatoesplenomegalia, anemia, mialgias, artralgias, edema, astenia y adinamia. El signo de Romaña y el chagoma son signos característicos de la tripanosomiasis americana y van a depender de la localización de la vía de entrada; si esta es próxima a la mucosa ocular se presentará el primero mencionado. Dicho signo consiste en un edema bipalpebral unilateral de color violáceo ligeramente pruriginoso acompañado de adenopatías regionales. En cambio, si la vía de entrada es en otra región, se manifiesta el chagoma de inoculación, una lesión nodular subcutánea de color violáceo.

Lo que respecta a la fase crónica, esta se puede dividir en dos: la indeterminada o latente y la forma sintomática. La fase indeterminada se presenta al ceder la fase aguda, es definida como la situación clínica de un individuo con evidencia parasitológica y/o serológica de infección crónica por T. cruzi, pero sin síntomas o signos físicos de la enfermedad, con ECG y radiografía de tórax normales y sin deterioro del tracto digestivo (esófago y colon) observado en exámenes radiológicos (Simões et al., 2018).

En cuanto a la fase sintomática, se estima que un tercio de los pacientes comenzarán a mostrar manifestaciones clínicas dos décadas después de la infección inicial (Nunes et al., 2013). Los parásitos permanecen en los músculos del tracto gastrointestinal y el miocardio durante años, provocando una respuesta inmune crónica que se asocia con la muerte por enfermedad cardíaca a largo o, con menos frecuencia, con alteración crónica de la motilidad gastrointestinal (Mills, 2020). Se desconoce con exactitud el porcentaje de población con miocardiopatía chagásica, pero se estima que la desarrollarán de 15 al 30% de individuos infectados. Cabe mencionar que, de este número, el 10% de estas cardiopatías evolucionan a la forma dilatada, 5-6% a mega síndromes digestivos y el 3% a trastornos neurológicos periféricos, centrales y autonómicos (Cursack et al., 2019).

La tripanosomiasis americana tiene distintos mecanismos de transmisión, de los cuales el principal es el mediado por el vector, descrito previamente. No obstante, no es el único. También existe la transmisión por transfusiones sanguíneas de personas infectadas que desconocen su condición. Otro tipo de transmisión es la oral, al consumir alimentos contaminados. Asimismo, es posible la trasmisión directa, esta sucede cuando una madre infectada se la trasmite a su bebé.18 Es importante mencionar que para el diagnóstico de esta es mediante la observación del parásito por medio de técnicas de microscopía. En años recientes su trasmisión sexual se ha discutido y comprobado mediante experimentación, siendo

una amenaza potencial para la salud pública en todo el mundo (Gomes et al., 2019).

De acuerdo con la fase de la enfermedad, el diagnóstico varía. En la fase aguda, el Gold Standar es la microscopía convencional, permitiendo la observación de tripomastigotes circulantes en frotis de sangre periférica o de la capa leucocitaria debido a la parasitemia evidente (Pérez-Molina & Molina, 2018). Hablando de la fase crónica, la detección de anticuerpos anti *T.-cruzi* sigue siendo el método más eficaz para demostrar la exposición directa al parásito. Las técnicas más empleadas son la inmunofluorescencia indirecta (IFI), la hemoaglutinación indirecta (HAI) y el enzimoinmunoanálisis (ELISA), siendo esta última la que alcanza valores óptimos de sensibilidad y especificidad. Sin embargo, dado que ninguna de las pruebas alcanza un 100% de sensibilidad y especificidad, la OMS ha determinado que el diagnóstico de la enfermedad de Chagas en su fase crónica se realice mediante la positividad de 2 pruebas serológicas que hayan empleado distintos métodos.25 En caso de discordancia, se deberá realizar una tercera prueba para confirmar o descartar la infección (Balouz et al., 2017).

La tripanosomiasis americana es una de las principales enfermedades tropicales desatendidas, potencialmente mortal, considerada la parasitosis más grave en Latinoamérica. Se estima que 20 millones de personas viven en regiones endémicas y están en riesgo de contraer la enfermedad y aproximadamente 8 millones más están infectadas (Camacho-Calderón et al., 2017). México es uno de los países con mayor porcentaje de población infectada, debido a esto es considerado un problema de salud pública. Se estiman aproximadamente 4.06 millones de casos, siendo Querétaro uno de los estados con niveles más altos de seroprevalencia (Arnal et al., 2018).

En años recientes la enfermedad ha representado un problema de salud pública en zonas no consideradas endémicas, entre ellas, Querétaro. Esto se debe a la colosal inmigración a partir de áreas tropicales, donde la enfermedad tiene gran incidencia (Montes-Rincón et al., 2018). Por esta razón, los sistemas de salud de zonas no endémicas deben estar preparados para responder ante la enfermedad y evitar nuevos casos de infección. El cambio climático también ha intervenido en el incremento de la población expuesta, ya que los triatomas se alimentan cuando los niveles de humedad son bajos y la temperatura es mayor a 30°C (Guarner, 2019). La población en riesgo incluye a las comunidades rurales con climas tropicales; sin embargo, por los cambios demográficos y ambientales ha ocurrido un incremento en la prevalencia de la infección. En territorio nacional se lograron identificar 8 géneros y 31 especies de triatominos a nivel nacional, los cuales predominan en viviendas que carecen de cimientos, ventanas y puertas (Rojo-Medina et al., 2018).

En 2011, en la ciudad de Querétaro se analizó el suero de 258 sujetos pertenecientes a comunidades suburbanas donde existen viviendas construidas bajo condiciones precarias en zonas de pastoreo. De todas las muestras analizadas, 30 mostraron reactividad ante la prueba seroinmunológica de ELISA utilizando superóxido dismutasa excretada (ELISA-SODe), mientras que 30 fueron positivos para el Western Blot (López-Céspedes et al., 2012). Esto indica una sensibilidad del 93% y una especificidad del 99% para el ELISA. Esta investigación, así como las fuentes citadas anteriormente justifican la necesidad de realizar al menos dos métodos diagnósticos para la detección de anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi.*

Se realizó una investigación en el Estado de México, entidad federativa vecina de Querétaro, en 2017. Esta presenta datos alarmantes, puesto que, de las 1,504 muestras de suero obtenidas de 13

comunidades distintas, un 9.1% mostró seropositividad para los anticuerpos anti-T. cruzi (González-Guzmán et al., 2017).

En 2017, se llevó a cabo una investigación a una población de 1,033 individuos en un área endémica de Querétaro, de los cuales 84 casos dieron positivo. De estos 84 casos, el 56% presentó sintomatologías cardiacas (Camacho-Calderón et al., 2017).

La enfermedad de Chagas es considerada un problema de salud pública a nivel nacional, no obstante, su vigilancia epidemiológica es precaria; por lo tanto, es subdiagnosticada. Aunado a esto el gran movimiento de inmigración en el estado de Querétaro nos ha convertido en una zona de riesgo, por ello es indispensable llevar a cabo un control de detección la seroprevalencia de anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi*; en esta ocasión lo realizaremos a través de técnicas inmunológicas (ELISA lisado, ELISA recombinante, HAI) en alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

La enfermedad de Chagas es considerada un problema de salud pública a nivel nacional, no obstante, su vigilancia epidemiológica es precaria; por lo tanto, es subdiagnosticada. Aunado a esto el gran movimiento de inmigración en el estado de Querétaro nos ha convertido en una zona de riesgo, por ello es indispensable llevar a cabo un control de detección la seroprevalencia de anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi;* en esta ocasión lo realizaremos a través de técnicas inmunológicas (ELISA lisado, ELISA recombinante, HAI) en alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Metodología.

Se realizó un estudio epidemiológico prospectivo de tipo transversal en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se incluyeron 83 estudiantes que forman parte de la matrícula de la institución, mismos que fueron informados del procedimiento y firmaron un consentimiento. En dicho consentimiento accedieron a una toma de muestra sanguínea y fueron notificados que podían dejar de participar en el estudio en cualquier momento. Cabe destacar que esta investigación fue aprobada por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

La investigación se llevó a cabo en dos fases: una encuesta epidemiológica y posteriormente la toma de muestra sanguínea.

La encuesta epidemiológica en la plataforma Google Forms consistió en 3 secciones: el consentimiento informado, los datos personales de los participantes y las preguntas relacionadas con las condiciones de vivienda y factores de riesgo. Al finalizar, se les notificó las fechas en las cuales se llevaría a cabo la toma de muestra sanguínea. Se les indicó acudir con ayuno de 8 horas puesto que se les ofreció una biometría hemática y química sanguínea de 3 elementos.

Lo que respecta a la toma de muestra sanguínea, esta se realizó en 3 fechas distintas con el fin de cumplir las medidas sanitarias pertinentes para la COVID-19 en el laboratorio de análisis clínicos de la Facultad de Medicina de la UAQ. Se puncionó la vena cubital y se obtuvieron dos muestras de 5mL, una en un tubo con EDTA para la biometría hemática y otra sin aditivos para los estudios inmunoserológicos y la química sanguínea. Las muestras fueron centrifugadas a 5000 rpm durante 10 minutos. Posteriormente se extrajeron cuatro muestras de suero (una para cada prueba inmunoserológica y una para la química sanguínea) de 0,5mL y se colocaron en tubos Ependorff de 1,5 mL, los cuales fueron congelados a -20°C para su preservación y futura manipulación.

Al reunir todas las muestras, se realizaron tres distintas pruebas seroinmunológicas: a) ELISA lisado (Wiener Lab. ®), utilizando antígeno lisado parasitario), b) ELISA recombinante (Wiener Lab. ®), utilizando una mezcla de 6 antígenos recombinantes conservados de fases epi y tripomastigote (SAPA, 1, 2, 13, 30 y 36 y c) hemaglutinación indirecta (HAI) (Wiener Lab. ®), con eritrocitos de carnero sensibilizados con lisado parasitario.

ELISA lisado:

Mientras se descongelaron las 83 muestras de suero, se preparó el buffer de lavado y el conjugado. Se colocaron 85 pocillos y se dispensó el diluyente de muestra en cada uno de ellos, posteriormente se dispensó una muestra por pocillo, además de los controles positivo y negativo. Se homogenizó mezclando 3 veces por carga y descarga. Después, se cubrió la placa con cinta autoadhesiva y se incubó a 37°C por 30 minutos.

Al finalizar el tiempo de incubación se eliminó el líquido de cada pocillo y se procedió a lavar 5 veces. Se aseguró que no quedara líquido residual tras el último lavado y se dispensó conjugado diluido en los pocillos. Se colocó nuevamente la cinta autoadhesiva y se incubó a 37°C durante 30 minutos. Al concluir el tiempo de incubación, se lavaron 5 veces los pocillos y al cerciorarse que no había líquido residual, se dispensó el revelador. Se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos, protegido de la luz. Completado el tiempo de incubación, se agregó el stopper y se leyeron los resultados dentro de los 10 minutos indicados.

ELISA recombinante:

Se realizó el mismo procedimiento que el estipulado para ELISA lisado. Cabe mencionar que los reactivos utilizados difieren de la anterior y son propios de cada prueba serológica. En este método diagnóstico se emplea una mezcla de 6 antígenos recombinantes conservados de 2 estadios parasitarios, epimastigote y tripomastigote.

Hemaglutinación indirecta:

Este método inmunoserológico consta de 3 fases: titulación in 2-mercaptoetanol (2-ME), titulación con 2-ME y absorción con glóbulos rojos no sensibilizados.

Se colocó 25 ul de diluyente de sueros HAI en todos los pocillos, posteriormente se dispensó una alícuota de cada suero de 25 ul y se mezcló. Posteriormente se añadió a los pocillos correspondientes los antígenos HAI. Se dejó incubar la policubeta durante 45 minutos. Finalmente se realizó la interpretación de resultados.

Resultados.

Participaron 83 estudiantes de entre 18 y 24 años, 36 mujeres y 47 hombres. 35 de ellos provienen de localidades fuera del municipio de Querétaro (Figura-1).

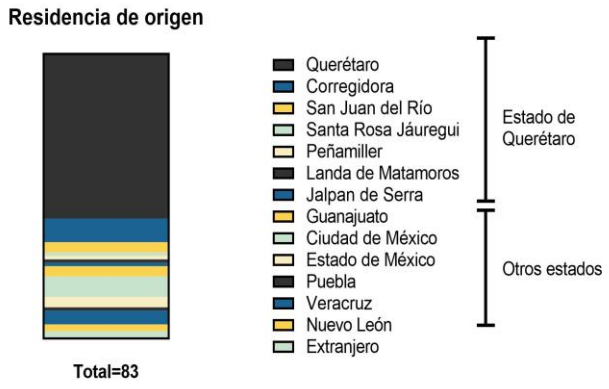


Figura-1

Del total de la población, 25 individuos aseguraron haber visto el vector (Figura-2). 31.25%. (8) de ellos indicaron que fue en área peridomiciliaria, mientras que 12% (3) afirmó que fue en su vivienda (Figura-3). Es importante mencionar los

materiales de construcción y condiciones de vivienda de origen. Respecto al techo, 80 mencionaron que era de cemento, 2 de lámina y 4 de madera. De las paredes, 81 contestaron cemento, 3 madera, 2 arcilla y 3 piedra. Finalmente, el piso de 71 individuos es de cemento, 2 de madera, 8 de adoquín, 3 de adobe y 4 de piedra.



Lugar	Individuos que vieron al vector
Casa	3
Peridomicilio	8
Escuela	5
Campo	3
Parque	3
Viaje	3
Total	25

Figura-2 Figura-3

Lo que respecta a las manifestaciones clínicas, 27 mencionaron haber presentado un área inflamada y enrojecida con rastros de picadura del insecto, 18 observaron ronchas induradas en cualquier parte de su cuerpo. 26 padecieron de problemas digestivos, así como dolor abdominal (27), estreñimiento (26) y disfagia (3). Dentro de los signos y síntomas del sistema cardiovascular, 5 individuos manifestaron latidos cardíacos fuertes o acelerados (Figura-4).

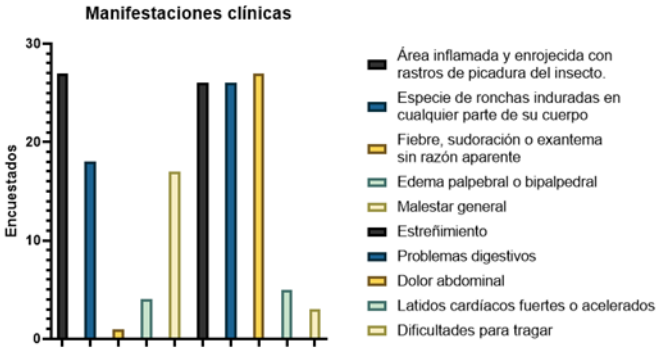


Figura-4

En cuanto a los métodos inmunoserológicos, de las muestras trabajadas mediante ELISA lisado, 6 se mostraron reactivas (Figura-5). En cuanto a ELISA recombinante, 7 mostraron reactividad (Figura-6). Finalmente, de las muestras procesadas con HAI, 3 fueron reactivas (Figura-7).

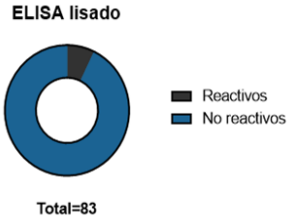


Figura-5

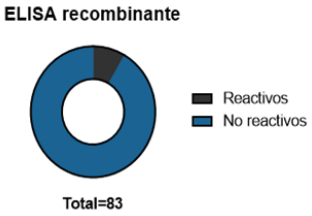


Figura-6



Figura-7

Se consideran positivos a anticuerpos anti-*T. cruzi* aquellos individuos con dos de las tres pruebas reactivas. Dos estudiantes fueron positivos.

Discusión.

La tripanosomiasis americana es una enfermedad comúnmente subdiagnosticada que al final de su historia natural tendrá un desenlace letal, por ello debería permanecer bajo vigilancia epidemiológica, con mayor razón en los grupos de riesgo o en aquellos que presenten un mayor contacto con el vector.

El diagnóstico de esta enfermedad en su fase aguda debe realizarse a través de la aplicación de tres distintas pruebas, en este caso las de elección fueron a) ELISA lisado, con una especificidad entre 99,29% y 99,60% y sensibilidad del 100%, b) ELISA recombinante cuya especificidad es de 99,3% y sensibilidad de 98,7% y c)HAI, siendo su sensibilidad del 95,3% y una especificidad del 99,2% .De acuerdo a lo establecido por la OMS, dos de estas tres pruebas deben ser reactivas para que la muestra sea considerada positiva.

De acuerdo con la información de las fuentes bibliográficas se menciona una correlación positiva entre la presencia de la enfermedad de Chagas y las condiciones de vivienda precarias, así como la convivencia con animales domésticos. Este patrón se repitió en nuestro estudio, ya que los dos participantes que fueron considerados positivos, tras haber obtenido dos de las tres pruebas realizadas como reactivas, también afirmaron convivir con animales. Los materiales de construcción no eran los ideales para disminuir el grado de exposición a los vectores. Aunado a esto uno de los participantes aseguró haber visto el vector en su jardín.

A ambos alumnos seropositivos se les hará seguimiento con pruebas diagnósticas moleculares y se les canalizará para evaluar la progresión de la enfermedad.

Conclusiones.

2.5% de la población fueron seropositivos a anticuerpos anti-*Trypanosoma cruzi*. Al relacionar sus respuestas en la encuesta epidemiológica con los resultados pruebas serológicas, se observó correspondencia respecto a las condiciones de vivienda y hacinamiento con animales con la positividad a los métodos de diagnóstico convencionales. Se dará seguimiento a los individuos seropositivos realizándoles un diagnóstico molecular, PCR, para confirmar la presencia del protozoario. En caso de serlo, se les informará de inmediato y procederemos a canalizarlos con las especialidades médicas pertinentes para evaluar la progresión de la enfermedad y el daño orgánico que pudieran presentar. Este tipo de investigación es la primera que se lleva a cabo en la Facultad de Medicina, y con los resultados obtenidos nos da la pauta de continuar en esta línea de investigación para un control epidemiológico óptimo de tripanosomiasis americana en la población estudiantil.

Referencias bibliográficas.

- Álvarez-Hernández, D.-A., Franyuti-Kelly, G.-A., Díaz-López-Silva, R., González-Chávez, A.-M., González-Hermosillo-Cornejo, D., & Vázquez-López, R. (2018). Chagas disease: Current perspectives on a forgotten disease. Revista Médica Del Hospital General de México, 81(3), 154–164. https://doi.org/10.1016/j.hgmx.2016.09.010
- Arnal, A., Waleckx, E., Herrera, C., & Dumonteil, E. (2018). Estimating the current burden of Chagas disease in Mexico: A systematic review of epidemiological surveys from 2006 to 2017. BioRxiv, 1–19. https://doi.org/10.1101/423145
- Balouz, V., Agüero, F., & Buscaglia, C. A. (2017). Chagas Disease Diagnostic Applications. 1–45. https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.10.001
- Camacho-Calderón, N., Villagrán-Herrera, M. E., Sánchez-Moreno, M., Solís-Sainz, J. C., Hernández-Montiel, H. L., González-Pérez, G., De Jesús Dávila-Esquivel, F., Linares, A., & De Diego Cabrera, J. A. (2017). Cardiac abnormalities in Trypanosoma cruzi seropositive patients in the State of Querétaro, México. Revista Mexicana de Cardiologia, 28(1), 4–9.
- Cursack, G., Maidana, G., Manfredi, C., Huerta, C., Cimbaro, J. P., & Blanchet, M. J. (2019). Concenso de enfermedad de chagas. Insuficiencia cardiaca en miocardiopatía chagásica crónica. Insuf Card, 14(1), 12–33. www.intramed.net/sitios/libro_chagas/

- Echeverria, L. E., & Morillo, C. A. (2019). American Trypanosomiasis (Chagas Disease). Infectious Disease Clinics of North America, 33(1), 119–134. https://doi.org/10.1016/j.idc.2018.10.015
- Gomes, C., Almeida, A. B., Rosa, A. C., Araujo, P. F., & Teixeira, A. R. L. (2019). American trypanosomiasis and Chagas disease: Sexual transmission. International Journal of Infectious Diseases, 81, 81–84. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2019.01.021
- González-Guzmán, S., Pichardo-Ávila, S., Mimbrera-Rodríguez, E., Crescencio-Trujillo, J. A., Gasca-Leyva, M. de L., Martínez-Hernández, F., Rivas, N., & Alejandre-Aguilar, R. (2017). Seroprevalence of human Trypanosoma cruzi infection in the North of Estado de Mexico. Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 50(6), 839–842. https://doi.org/10.1590/0037-8682-0512-2016
- Guarner, J. (2019). Chagas disease as example of a reemerging parasite. Seminars in Diagnostic Pathology, 36(3), 164–169. https://doi.org/10.1053/j.semdp.2019.04.008
- López-Céspedes, Á., Villagrán, E., Briceño Álvarez, K., De Diego, J. A., Hernández-Montiel, H. L., Saldaña, C., Sánchez-Moreno, M., & Marín, C. (2012). Trypanosoma cruzi: Seroprevalence Detection in Suburban Population of Santiago de Querétaro (Mexico). The Scientific World Journal, 2012, 8–14. https://doi.org/10.1100/2012/914129
- Mills, R. M. (2020). Chagas Disease: Epidemiology and Barriers to Treatment. American Journal of Medicine, 133(11), 1262–1265. https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.05.022
- Montes-Rincón, L. M., Galaviz-Silva, L., & Molina-Garza, Z. J. (2018). Anticuerpos anti-Trypanosoma cruzi en migrantes latinoamericanos en tránsito por el cruce fronterizo entre México y los Estados Unidos. Biomedica, 38(1), 54–60. https://doi.org/10.7705/biomedica.v38i0.3526
- Murillo-Godínez, G. (2018). Enfermedad de Chagas o tripanosomiasis americana. Gaceta Médica de México, 34(6), 959–970.
- Nunes, M. C. P., Dones, W., Morillo, C. A., Encina, J. J., & Ribeiro, A. L. (2013). Chagas disease: An overview of clinical and epidemiological aspects. Journal of the American College of Cardiology, 62(9), 767–776. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.05.046
- Pérez-Molina, J. A., & Molina, I. (2018). Chagas disease. The Lancet, 391(10115), 82–94. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31612-4
- Rojo-Medina, J., Ruiz-Matus, C., Salazar-Schettino, P. M., & González-Roldán, J. F. (2018). Enfermedad de Chagas en México. Gaceta Medica de México, 154(5), 605–612. https://doi.org/10.24875/GMM.18004515
- Simões, M. V., Romano, M. M. D., Schmidt, A., Martins, K. S. M., & Marin-Neto, J. A. (2018). Chagas Disease Cardiomyopathy. International Journal of Cardiovascular Sciences, 31(2), 173–189. https://doi.org/10.5935/2359-4802.20180011

Desarrollo de un dispositivo electrónico para biosensor de glucosa

Autor: Ariadna Yaneli Reséndiz Jaramillo[1],

Asesores: Ricardo Antonio Escalona Villalpando[2-a], Jairo Daniel Lozano López[3-a], Sergio Miguel Durón Torres[3-b], Luis Gerardo Arriaga Hurtado[4], José Roberto Espinosa Lumbreras[5], Janet Ledesma García[2-b].

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. aris_resendiz@hotmail.com
[2]División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. [2-a] escalona.qfb@gmail.com,[2-b] janet.ledesma@uaq.mx
[3]Unidad Académica de Ciencias Químicas, Unidad Autónoma de Zacatecas. [3-a] dani98400@hotmail.com, [3-b]duronm@uaz.edu.mx
[4]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. larriaga@cideteq.mx
[5]Unidad Académica de Ingeniería, Ingeniería Mecánica, Universidad Autónoma de Zacatecas. roberto.espinosa@uaz.edu.mx

Resumen

En el presente trabajo, se diseñó un circuito electrónico el cual se utilizó como transductor para un biosensor amperométrico, el cual está calibrado con los valores obtenidos por pruebas electroquímicas para un biosensor de glucosa, dichos parámetros fueron obtenidos en un trabajo anterior. El circuito está controlado por un módulo ESP32, se escribió en Python un programa para que el módulo pueda funcionar como un potenciostato y realizar las pruebas electroquímicas necesarias tales como voltamperometría cíclica, circuito abierto y cronoamperometría, para esto se usaron también diversos componentes electrónicos como amplificadores operacionales utilizados en diferentes configuraciones como seguidor de voltaje, convertidor de corriente a voltaje, amplificador inversor y no inversor, se utilizó también el circuito análogo a una media celda electroquímica conocido como circuito de randles es aquí donde se conectan los 3 electrodos con los que trabajamos comúnmente los cuales son electrodo de trabajo, contraelectrodo y electrodo de referencia, están colocados sobre un parche dérmico de la marca Tegaderm. El biosensor se conecta mediante el módulo de BT a una aplicación desarrollada en app inventor, la cual cuenta con una interfaz amigable con el usuario para que pueda interactuar de manera sencilla. Una vez construido el circuito, se conectó el parche con la media celda y se realizaron pruebas en PBS (0.1 M) con pH 5.6 con distintas concentraciones de glucosa.

Palabras clave

Biosensor amperométrico, comunicación BT glucosa, parche, pruebas electroquímicas.

Abstract

In this work, an electronic circuit was designed to be used as a transducer for an amperometric biosensor, which is calibrated with the values obtained by electrochemical tests for a glucose biosensor, these parameters were obtained in a previous work. The circuit is controlled by an ESP32 module, a program was written in Python so that the module can function as a potentiostat and perform the necessary electrochemical tests such as cyclic voltammetry, open circuit and chronoamperometry, for this were also used various electronic components such as operational amplifiers used in different configurations such as voltage follower, Current to voltage converter, inverting and non-inverting amplifier, the analogous circuit to an electrochemical half-cell known as randles circuit was also used, it is here where the 3 electrodes we commonly work with are connected, which are working electrode, counter electrode and

reference electrode, which are placed on a dermal patch of the Tegaderm brand. The biosensor is connected through the BT module to an application developed in app inventor, which has a user-friendly interface so that the user can interact easily. Once the circuit was built, the patch was connected to the half-cell and tests were performed in PBS at pH 5.6 with different concentrations of glucose.

Keywords

Amperometric biosensor, BT glucose communication, patch, electrochemical tests.

Introducción

La diabetes tipo II está considerada como una enfermedad compleja que se caracteriza por un defecto en la secreción de insulina por parte del páncreas provocando elevadas concentraciones de glucosa en sangre, siendo un problema en México y a nivel mundial [1]. Como parte de su tratamiento es necesario el constante monitoreo de glucosa para evitar una descompensación, para esto se emplea un glucómetro, la desventaja es que se necesita un poco de sangre por lo que es necesario hacer una pequeña incisión lo que puede resultar incomodo por ser de forma constante.

Es por ello, que se han empezado a desarrollar sensores dérmicos no invasivos, es decir, sensores capaces de cuantificar diversas sustancias usando los fluidos que expulsa naturalmente el cuerpo como la sangre, el sudor y las lágrimas. De esta manera se evitará la molestia de extraer sangre para el monitoreo de enfermedades.

En trabajos anteriores se buscó el método ideal de atrapamiento para la enzima glucosa oxidasa [2], se realizó la estandarización del método y se obtuvo la ecuación que rige el comportamiento de la enzima basándose en el aumento de corriente relacionado con la cantidad de glucosa.

En este proyecto se propone desarrollar un circuito electrónico que funcione como transductor para un biosensor de glucosa, basándose en los resultados obtenidos anteriormente. Se utilizará como controlador un módulo ESP32 el cual tiene integrado un módulo BT con el que se conectará la aplicación desarrollada en app inventor e instalada en un teléfono inteligente, de esta manera el biosensor podrá ser manipulado por el usuario.

Metodología

Se analizarán los resultados obtenidos por el parche en media celda para verificar los rangos de corriente en los que se trabajará.

Se escribirá un programa en Python el cual se instalará en el módulo ESP32, dicho programa ejecutará las pruebas de circuito abierto, voltamperometría línea y cronoamperometría.

Se armará sobre una protoboard el circuito de randles para conectar la media celda electroquiímica, en otra sección de la protoboard se incorporarán amplificadores operaciones las diversas configuraciones para realizar las pruebas electroquímicas anteriormente mencionadas.

Se conectará el parche al circuito electrónico y se realizarán pruebas para calibrarlo.

Se conectará la aplicación para ejecutar el programa desde el dispositivo móvil.

Resultados

En trabajos anteriores se optimizo el método de atrapamiento de la enzima glucosa oxidasa y se realizaron caracterizaciones por técnicas electroquímicas. Se realizaron voltamperometrías cíclicas con una ventana de potencial de -100 mV a 700 mV, se obtuvo el pico de oxidación a un potencial aproximado de 360 mV y con una corriente de 30 µA. En la Figura 1 se puede observar el aumento de

corriente en el pico de oxidación el cual es aproximadamente de 25 µA.

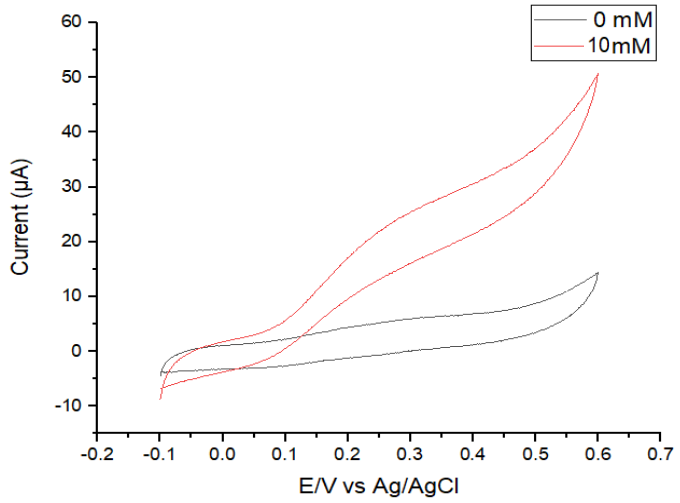


Figura 1 Voltamperometría cíclica a electrodo de GOx vs Ag/AgCl en PBS pH 5.6 a 5 mVs^{-1} sin agitación

Se realizaron cronoamperometrías a un potencial de 360 mV el cual es el potencial del pico de reducción y se realizaron con diferentes concentraciones de glucosa. En la Figura 2 se puede observar que existe una buena estabilidad en la corriente, además de que está aumenta con cada adición. Para el desarrollo del circuito electrónico se tomarán en cuenta estos valores obtenidos.

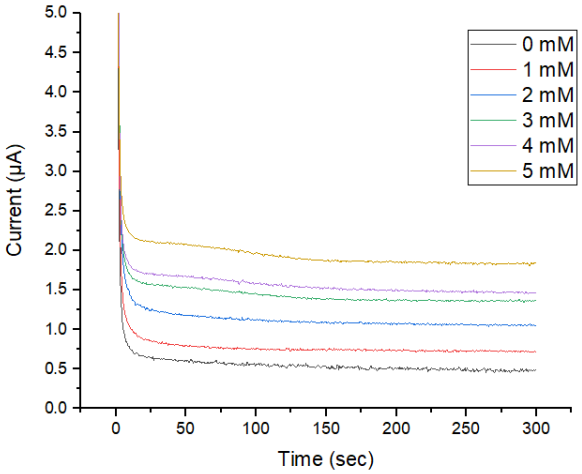


Figura 2 Amperometría estática a electrodo de GOx vs Ag/AgCl en PBS pH 5.6 a 360 µA con adiciones de 1 mM de glucosa.

Es importante mencionar que se hicieron pruebas de interferentes para este biosensor. Realizar este análisis es de suma importancia para los biosensores de glucosa pues el sudor no sólo está compuesto de glucosa, también tiene diferentes electrolitos que pueden modificar la medición del analito de interés.

Dentro de las sustancias que pueden interferir se encuentran el ácido úrico (UA), ácido ascórbico (AA) y la dopamina (DA), de acuerdo con la literatura revisada [3], las concentraciones aproximadas de dichas sustancias en el sudor son 0.2 mM de UA, 0.05 mM de DA y 0.01 mM de AA (Figura 3).

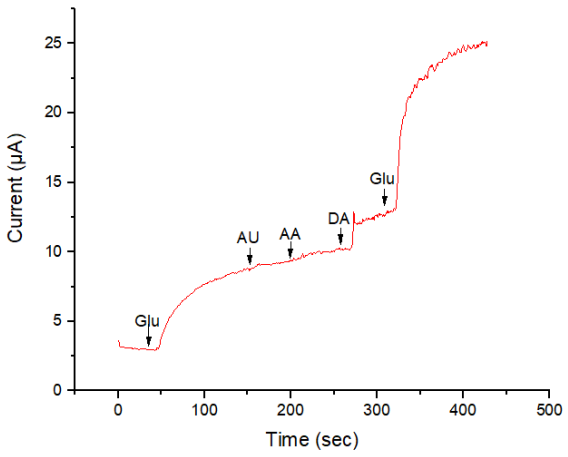


Figura 3 Amperometría a electrodo de GOx vs Ag/AgCl en PBS pH 5.6 a 360 mV. Adiciones de Glucosa con concentraciones para sudor, Glu (5 mM), AU (0.2 mM), AA (0.01 mM), DA (0.05 mM) y Glucosa (5mM)

En este estudio se puede observar que al adicionar Au y AA se tiene un incremento en la corriente de 6.8% y 6.7% respectivamente, cuando se adiciona DA se tiene un aumento de corriente del 22% sin embargo es un aumento muy bajo comparado con el incremento al adicionar glucosa (Figura 4).

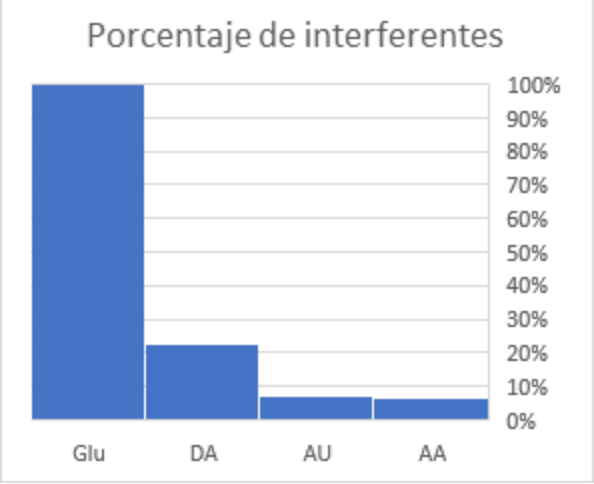


Figura 4 Gráfica de porcentaje de interferentes.

Se realizó la curva de calibración (Figura 5) en donde se puede observar la ecuación de la recta y = 44.89x + 140.65 y una R^2 de 0.99. También se calculó el resto de los parámetros, el sensor tiene un límite de detección de 0.22 µA, un límite de cuantificación de .754 µA, una Km de 4.083 µM y una corriente máxima de 833.33 µA/cm2.

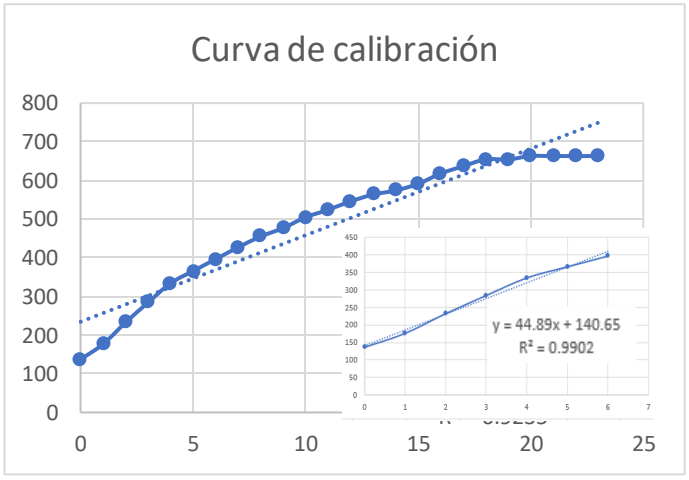


Figura 5 Curva de calibración del biosensor y rango lineal

Se construyó un circuito electrónico sobre una protoboard (Figura 6) el cual tiene un seguidor de voltaje conectado al convertidor analógico digital (ADC) del módulo ESP32 dicho seguidor es el encargado de medir el voltaje a circuito abierto de la media celda. En el centro del circuito se encuentra la configuración del circuito de Randles en donde se conectan los tres electrodos (trabajo, resistencia y contra). Finalmente, del lado derecho se tiene un amplificador operacional en la configuración convertidor corriente voltaje para obtener el valor de corriente que tiene la muestra colocada en la media celda.

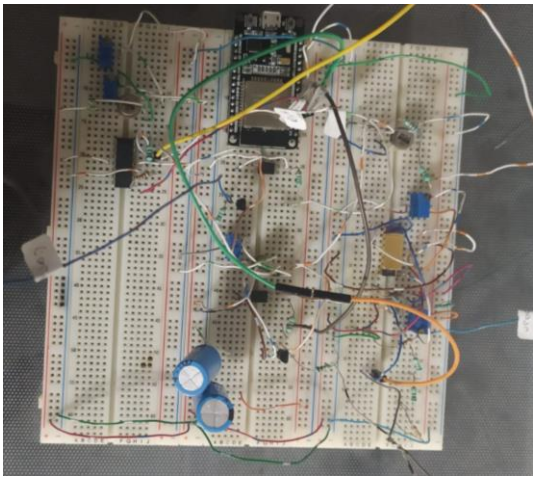


Figura 6 Circuito electrónico para biosensor

Se escribió un programa en Python el cual es el encargado de realizar las pruebas electroquímicas necesarias para obtener el valor de corriente correspondiente a la cantidad de glucosa que se tiene en el parche. El programa primero activa la celda para empezar a medir el circuito abierto, es decir el voltaje existente en la media celda, para esto se programó que tomara 10 muestras, en cada una se almaceno el valor de voltaje y finalmente se calculó un promedio para obtener el valor de circuito abierto, dicho valor se almacenó en una variable, posteriormente se realiza una voltamperometría cíclica para esto se programa un rango en el que se desea trabajar, en este caso se busca tener una ventana de potencial entre -100 a 400 mV, el programa ejecuta un barrido de potencial a partir del circuito abierto hasta llegar a 400 mV, durante el barrido compara el voltaje obtenido en cada escalón y almacena el valor más grande, de esta manera se obtiene el pico de potencial donde ocurre la oxidación y este valor se almacena en una variable.

Lo siguiente es realizar una cronoamperometría, para esto el programa toma el voltaje del pico de oxidación obtenido durante la voltamperometría cíclica y aplica este voltaje durante 5 min. Durante este tiempo el programa almacena el valor de corriente que tiene la media celda, finalmente este valor de corriente se sustituye en la ecuación obtenida de la curva de calibración para calcular el valor de glucosa en unidades milimolares que se tiene en la muestra.

Finalmente, este valor de glucosa se envía por medio del módulo de BT a la aplicación previamente desarrollada en app inventor y se imprime en la pantalla del teléfono inteligente en unidades de mg/dl las cuales son las medidas clínicamente utilizadas para la cuantificación de glucosa (Figura 7).



Figura 7 Interfaz de la aplicación desarrollada en App inventor

Discusión y conclusiones

El trabajo presentado cumple con los objetivos planteados, sin embargo para una aplicación real en un biosensor es necesario miniaturizar el circuito para esto se está buscando componentes pequeños que puedan apoyar en la reducción del área, uno de los problemas que se tiene actualmente es que las corrientes obtenidas en el parche se encuentran en un rango entre 0.5µA y 2.43µA las cuales son muy bajas por lo que es necesario utilizar amplificadores operacionales que tengan una mayor precisión y sobre todo que eliminen o reduzcan el ruido.

Actualmente se está trabajando en el modelado de la placa para reducir su tamaño y peso lo más posible para obtener un circuito adaptable a un soporte el cual pueda colocarse sobre una extremidad y medir la cantidad de glucosa que se tiene a partir del sudor que pueda captar al estar colocado el parche sobre la piel.

Referencias

[1] Gómez, M. D. C. M., Espíndola, A. G., Mendoza, I. L., Cervantes, S. L., & Ledezma, J. C. R. (2018). Factores de riesgo para daño renal en pacientes con diabetes tipo 2 en el primer nivel de atención. *Journal of Negative and No Positive Results*, *3*(10), 825-837.

[2] Escalona Villalpando, R. A. (2014). *Desarrollo de bioánodos a partir de glucosa oxidasa (GOx) para su aplicación en biomicroceldas que usan glucosa como combustible* (Doctoral dissertation).

[3] Osorio, D. V. E. (2020). Desarrollo de un biosensor nanofluídico para la detección de metabolitos en sudor.

Actitudes, conocimientos y preparación sobre lactancia materna en estudiantes de Ciencias de la Salud.

Salcedo-Robles, Ivana[1], Quintero-Crispín, Ana Laura[2], Rojas-Mayorquín, Argelia Esperanza[3], Moreno-Carranza, Bibiana[2]

[1]Estudiante de ciclos clínicos. Licenciatura médico-cirujano. Universidad Anáhuac Querétaro

[2]Docente de la División de Ciencias de la Salud. Universidad Anáhuac Querétaro

[3]Docente investigador. Universidad de Guadalajara

ivana.salcedo10@anahuac.mx
ana.quintero87@anahuac.mx
argelia.rojas@academicos.udg.mx
bibiana.moreno@anahuac.mx

Resumen

Introducción. Uno de los factores influyentes en la prevalencia y duración de la lactancia materna (LM) es el conocimiento y la actitud del profesional de la salud que atiende a la díada madre-bebé. Múltiples estudios muestran que la educación formal en LM en estudiantes de Ciencias de la Salud es insuficiente e incluso inexistente. **Objetivo.** Analizar las actitudes, los conocimientos y la preparación acerca de LM en estudiantes de Ciencias de la Salud que cursaron o no la materia LM, en la Universidad Anáhuac Querétaro durante el 2021. **Material y Métodos.** Se diseñó un estudio transversal comparativo para el cual se elaboró una escala tipo Likert de tres y cinco puntos con 35 reactivos pertenecientes a tres distintas dimensiones: actitudes, conocimientos y preparación. Dicha escala se aplicó, posterior a su consentimiento informado, a una muestra pre-test por conveniencia de 51 estudiantes del área de Ciencias de la Salud. El estudio fue de riesgo mínimo. Se aplicaron estadísticas descriptivas y el IC con un 95% de confiabilidad. **Resultados.** La edad de los estudiantes del pre-test fue de 20±1.3 años y el 82.4% fueron del sexo femenino. El Alfa de Cronbach para evaluar la confiabilidad pre-test de la escala muestra una consistencia interna aceptable. Más del 50% de los estudiantes en el pre-test mostraron competencias medias, resultados similares a estudios previos. **Conclusiones.** La escala generada tiene una consistencia interna aceptable para ser valorada por los expertos y posteriormente ser aplicada a la comunidad.

Palabras clave: *Educación, Epidemiología, Amamantamiento, leche materna*

Summary

Introduction. One influential factor in the prevalence and duration of breastfeeding (BF) is the knowledge and attitude of the health professional who attend the mother-baby dyad. Several studies show that formal education in BF among Health Science students is insufficient or even non-existent. **Objective.** To analyze the attitudes, knowledge and preparation about BF in Health Sciences students who did or did not take the subject of BF, at the University Anáhuac Querétaro during 2021. **Material and methods.** A comparative cross-sectional study was designed for which a three-point and five-point Likert-type scale was elaborated with 35 items belonging to three different dimensions: attitudes, knowledge and preparation. This scale was applied, after informed consent, to a pre-test convenience sample of 51 students from the Health Science area. The study was of minimal risk. Descriptive statistics and CIs with 95% reliability were applied. **Results.** The age of the pre-test students was 20 ± 1.3 years and 82.4% were female. Cronbach´s alpha to evaluate the pretest reliability of the scale shows an acceptable internal consistency. More than 50% of the students of the pre-test showed average competencies, results similar to other studies. **Conclusions.** The scale generated has an acceptable internal consistency to be evaluated by experts and subsequently applied to the community.

Keywords: *Education, Epidemiology, Breastfeeding, Breast milk*

Introducción

La UNICEF (2018) define la lactancia materna (LM) como la forma normal de alimentación de los lactantes ya que provee los nutrientes e hidratación necesarios, promueve el desarrollo integral del infante y contribuye a asegurar la salud materna e infantil. Sin embargo, aunque las principales organizaciones médicas y de salud como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la UNICEF, la Academia Estadounidense de Pediatría (AAP), los centros de Control para Enfermedades (CDC), recomiendan LM exclusiva durante los primeros 6 meses y complementada con otros alimentos hasta los dos años o más, menos del 40% de las mujeres a nivel mundial cumplen dichas recomendaciones. (Sriraman, 2017)

La LM es un fenómeno biocultural y, como tal, son múltiples los factores fisiopatológicos, socioculturales, demográficos, educacionales y psicosociales que influyen en ella. Uno de tales factores es la formación y la actitud de los profesionales de la salud que atienden a la díada madre-bebé. (Wagner, Wagner, Ebeling y Chatman, 2006) Múltiples estudios han mostrado que un déficit en los conocimientos, pobres habilidades clínicas y una actitud de menosprecio de los profesionales de la salud hacia la LM son claves en las decisiones maternas acerca de la alimentación de sus bebés. (Vilar, Pérez, Moncada y Flore, 2020) En un estudio realizado en México, González, T puso de manifiesto "*la falta de conocimientos, actualización, motivación y habilidades de comunicación de los profesionales de la salud para con las madres, así como las actitudes negativas hacia la lactancia*". (González y Hernández, 2016) Años más tarde, un estudio realizado con profesionales de la salud de 3 estados diferentes de la república mexicana demostró que el conocimiento en LM es sub-óptimo. (Vilar et al., 2020)

A nivel nacional e internacional, se conoce que la actualización en LM tras la educación superior en Ciencias de la Salud resulta en una mejor práctica clínica en favor de la LM. (Feldman, 2010; Zakarija y Burmaz, 2010)

Además, la educación formal en LM para estudiantes de Ciencias de la Salud se sabe que tiende a ser insuficiente y, en las ocasiones que se da, es deficiente. Un estudio reciente realizado por Biggs, KV., Fidler, KJ., Brown, H (2020) en las instituciones de educación superior en UK, encontró que solo el 5% de instituciones proporcionan enseñanza en LM de forma obligatoria. Encontró también que, a pesar de que el 60% de los estudiantes de medicina conoce la mayoría de los beneficios brindados por la LM, solo una minoría de ellos se sienten seguros de tener las habilidades clínicas necesarias para dar apoyo a la LM, aunado a que tan solo el 44% considera al médico como a un actor influyente sobre las decisiones de alimentación infantil de la madre. Por su parte, Gary, AJ., Birmingham, EE., Jones, LB (2017) reportaron que en la educación superior de medicina en la institución médica certificada por LCME de US, la mayoría de los alumnos comentan no haber recibido educación formal en lactancia además de sentirse seguros en relación a sus conocimientos en LM.

Aunque internacionalmente existen estudios que muestran que la formación en LM que reciben los estudiantes de Ciencias de la Salud resulta insuficiente para proveer del apoyo adecuado a la díada lactante (Biggs et al., 2020; Gary et al., 2017), en nuestro país esta situación no ha sido suficientemente abordada.

Debemos considerar además que la actitud y conocimientos en LM que los estudiantes de Ciencias de la Salud tienen antes de iniciar sus estudios universitarios son altamente influenciados por la cultura, por ello es claro que estudiar la actitud, conocimientos y preparación de los estudiantes mexicanos antes y después de tomar una educación formal en LM es relevante para poder implementar estrategias formativas adecuadas que impacten favorablemente en los índices nacionales de prevalencia y duración de la LM.

Por todo lo anterior, la implementación de estrategias formativas sobre LM para los futuros y actuales profesionales de la salud es un tema prioritario a nivel internacional. (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2013) En el presente estudio evaluaremos las diferencias en las actitudes, conocimientos y preparación sobre LM, entre los estudiantes de la Universidad Anáhuac Querétaro antes y después de cursar una materia electiva sobre LM.

Metodología

Se diseñó un estudio transversal comparativo con una muestra por conveniencia de 51 estudiantes que cumplieron con los criterios de inclusión: pertenecer a alguna de las carreras de Ciencias de la Salud como médico cirujano, nutrición o terapia física y rehabilitación, cursar cualquiera de los semestres y que estuvieran de acuerdo con el consentimiento informado. La edad de los estudiantes tuvo una media de 20 años con una desviación estándar de 1.3, siendo el 82.4% del sexo femenino.

Mientras del estudio transversal comparativo se realiza, estudiamos descriptivamente nuestro grupo de estudiantes pre-test.

Se diseñó una escala tipo Likert con 35 reactivos cualitativos ordinales pertenecientes a tres distintas dimensiones, a saber: actitudes con nueve reactivos, conocimientos con 21 reactivos y preparación con cinco reactivos (Material suplementario S1, S2). Los reactivos de las dimensiones actitudes y conocimientos tuvieron cinco posibles respuestas que iban desde "totalmente desacuerdo" a "totalmente de acuerdo". Dependiendo de la orientación del reactivo, si era positivo o negativo, se otorgaba el puntaje adecuado, entre uno y cinco puntos. La dimensión de actitudes constó de dos reactivos positivos y siete negativos, y tuvo un puntaje final máximo esperado de 45 puntos. La dimensión de conocimientos constó de 11 reactivos negativos y 10 positivos, y tenía un puntaje final máximo esperado de 105 puntos. La dimensión de preparación constaba de cinco reactivos cada uno de ellos con opciones de respuesta (seguro, poco seguro y nada seguro), el puntaje final máximo esperado de esta dimensión fue de 15 puntos. Finalmente, el puntaje total esperado de la escala es de 165 puntos.

La escala se aplicó al inicio del semestre agosto-diciembre, a los estudiantes que cursan la materia electiva de Lactancia Materna, usando *Google Forms* y previo consentimiento informado. En diciembre realizaremos la segunda aplicación con la finalidad de comparar las competencias de los estudiantes una vez que concluyan su materia de LM.

Para analizar los resultados, se usó estadística descriptiva (mediana, media, desviación estándar) y para el análisis de datos se aplicaron los Intervalos de Confianza (IC 95%) así como el Alfa de Cronbach. De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación. (Diario Oficial de la Federación. 2014)

Resultados

El 29.4% de los estudiantes del pretest que participaron en el estudio pertenecen al 5º semestre, el 25.5% al 3er semestre y el 21.6% a 7º semestre (Tabla 1).

Tabla1.
Distribución por semestre de los estudiantes de Ciencias de la Salud participantes (n=51).

Semestre	Número absoluto	%
1o. semestre	3	6
2o. semestre	2	4
3o. semestre	13	25
4o. semestre	1	2
5o. semestre	15	29
6o. semestre	2	4
7o. semestre	11	22
8o. semestre	2	4
Internado	1	2
Servicio social	1	2
Total	**51**	**100.0**

La confiabilidad de la escala se evaluó mediante el Alfa de Cronbach obteniendo en el pre-test una consistencia interna aceptable de forma general y en cada una de las dimensiones (Tabla 2).

Tabla 2.

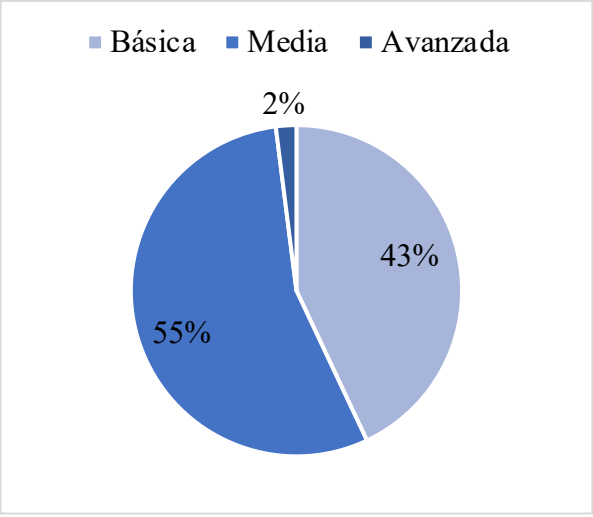
Consistencia interna de las dimensiones y escala total.

Dimensiones	Alfa de Cronbach (pre-test)
Actitudes	0.661
Conocimientos	0.783
Preparación	0.769
Escala total	**0.893**

De acuerdo con las competencias de los estudiantes de Ciencias de la Salud sobre LM, se encontró que más de la mitad de los estudiantes mostraron competencias medias, resultados similares a otros estudios. (Gráfica 1). Es importante mencionar que la comparación de los resultados entre los alumnos antes y después de la materia de LM está en curso.

Gráfica 1.

Competencias de los estudiantes de Ciencias de la Salud en LM.



Discusión

Como refiere Wagner (2006) la decisión materna sobre amamantar es algo influenciado por múltiples factores. Entre ellos, se ha observado que el conocimiento y la actitud del personal de la salud que atiende a la díada madre-bebé tiene una influencia muy importante. (Ragusa y Schaefer, 1991; Kong, y Lee, 2004; Dabritz, Hinton, y Babb, 2009) Investigaciones anteriores reportan que las mujeres que dejan de amamantar a menudo se deben a que reciben un asesoramiento incorrecto por parte de proveedores con capacitación e información limitadas, falta de razonamiento clínico, conceptos erróneos o suposiciones incorrectas. (Biggs et al., 2020)

Varios estudios, entre ellos una revisión sistemática publicada en el 2018 reportaron que en estudiantes de profesiones sanitarias su conocimiento era limitado y enfatizaba la importancia de recibir educación en LM y habilidades para el apoyo a las nuevas madres para amamantar. (Yang, Schimied, Burns y Salomonson, 2018)

Por otra parte, particularmente en México no hay instrumentos válidos y confiables para evaluar la preparación y conocimientos respecto a la LM en los estudiantes de Ciencias de la Salud. Aunque existen varios instrumentos en inglés como el Australian Breastfeeding Knowledge and Attiudes Questionnaire o Comprehensive Breastfeeding Knowledge Scale, tal falta de instrumentos en español demuestra la necesidad de proporcionar herramientas que evalúen las actitudes hacia la LM para beneficiar a más de 480 millones de habitantes de habla hispana en el mundo. (Grover, Macedo, Sandoval y Martínez, 2021)

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de México (2018), la prevalencia de la LM exclusiva fue de 28.6%. Uno de los principales desafíos que enfrenta la práctica de la LM alrededor del mundo y en México, es el mismo sistema de salud. Es esencial que se realicen acciones correctivas desde etapas de formación tempranas,

puesto que el papel de promoción de la LM por parte del profesional de la salud es crucial, ya que su apoyo efectivo mejora el inicio y la duración de la lactancia. (Pol, Aubanell, Vidal y Ojeda, 2016)

Al igual que los estudios citados, en el presente se encontró una conocimiento limitado y sentido de preparación bajo entre estudiantes de Ciencias de la Salud y el apoyo en díada madre-bebé. La confiabilidad de la escala mostró una Alfa de Cronbach de 0.730 diferente a la reportada en otras escalas que osciló entre 0.78 (Grover, et al, 2021) y 0.83 (Abbass, 2020)

Conclusión

Se concluye que los estudiantes de Ciencias de la Salud de la Universidad Anáhuac Querétaro del año 2021 tienen una competencia media en relación al tema de LM. Además, tan solo un estudiante demostró una competencia avanzada sin ser de semestres más avanzados. Respecto a la escala generada esta tiene una consistencia interna aceptable para ser valorada por los expertos y posteriormente ser aplicada a la comunidad.

Referencias Bibliográficas

Abbas-Dick, J., Newport, A., Sun, W. & Kenaszchuk, C. (2020). Development, psychometric assessment, and predictive validity of the comprehensive breastfeeding knowledge scale. E- Journal of Midwifery. 83:102642. doi: 10.1016/j.midw.2020.102642

Biggs, KV., Fidler, KJ., Shenker, NS. & Brown, H. (2020) Are the doctors of the future ready to support breastfeeding? A cross-sectional study in the UK. E-Journal of Breastfeed 1,46. doi: 10.1186/s13006-020-00290-z.

Yang, SF., Salamonson, Y., Burns, E. & Schmied, V. Breastfeeding knowledge and attitudes of health professional students: a systematic review. *E- Journal of Int Breastfeed J* 13, 8 (2018). doi: *10.1186/s13006-018-0153-1*

Dabritz, HA., Hinton, BG. & Babb, J. (2009) Evaluation of lactation support in the workplace or school environment on 6-month breastfeeding outcomes in Yolo County, California. E- Jorunal of Hum Lact. 2,182-93. doi:10.1177/0890334408328222.

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.

Feldman-Winter, L., Barone, L., Milcarek, B. & Hunter, K. & (2010) Residency curriculum improves breastfeeding care. E-Journal of Pediatrics. 2, 289-97. doi: 10.1542/peds.2009-3250.

Gary, AJ., Birmingham, EE. & Jones, LB. (2017) Improving breastfeeding medicine in undergraduate medical education: A student survey and extensive curriculum review with suggestions for improvement. Educ Health (Abingdon). 2,163-168. doi: 10.4103/efh. EfH_180_15.

González, T. & Hernández, S. (2016) Epidemiología de las prácticas de lactancia en México. México: CONACYT. (pp. 67-77).

Grover-Baltazar, G., Macedo-Ojeda, G., Sandoval-Rodríguez, A., & Martínez-Vizmanos, M. (2021). Validation of the Spanish-Mexican Version of the Australian Breastfeeding Attitude Questionnaire in Higher Education Health Students. *E- journal of environmental research and public health*, 9, 4609. doi: 10.3390/ijerph18094609.

Kong, SK. & Lee, DT. (2004) Factors influencing decision to breastfeed. *E- Journal of* Adv Nurs. 4,369-79. doi:10.1111/j.1365-2648.2004.03003. x.

McGuire S. Centers for Disease Control and Prevention. (2013). Strategies to Prevent Obesity and Other Chronic Diseases: The

CDC Guide to Strategies to Support Breastfeeding Mothers and Babies. E-Journal of Adv Nutr. 3, 291-2. doi: 10.3945/an.114.005900.

Pol-Pons, A., Aubanell-Serra, M., Vidal, M. & Ojeda-Ciurana, &. (2016) A Breast feeding basic competence in primary care: Development and validation of the CAPA questionnaire. E-Journal of Midwifery. 42, 87-92.doi: 10.1016/j.midw.2016.09.011.

Ragusa, R., Marranzano, M., La Rosa, VL. & Giorgianni, G. &. (2021) Factors Influencing Uptake of Breastfeeding: The Role of Early Promotion in the Maternity Hospital. *E- Journal of* Environ Res Public Health. 9,4783. doi: 10.3390/ijerph18094783.

Sriraman NK. (2017) Promote Breastfeeding in the Outpatient Setting: It's Easy! *E- Journal of* Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care. 12,311-317. doi: 10.1016/j.cppeds.2017.10.002.

UNICEF. (2018) Lactancia Materna. UNICEF. Salud y nutrición. Recueprado de https://www.unicef.org/mexico/lactancia-materna

Vilar-Compte, M., Pérez-Escamilla, R., Moncada, M. & Flore, D. (2020) How much can Mexican healthcare providers learn about breastfeeding through a semi-virtual training? A propensity score matching analysis. E-Journal of Breastfeed. 1,59. doi: 10.1186/s13006-020-00297-6

Wagner, CL., Wagner, MT., Ebeling, M. & Chatman KG. (2006) The role of personality and other factors in a mother's decision to initiate breastfeeding. *E- Journal of* Hum Lact. 1, 16-26. doi:10.1177/0890334405283624.

Yang, SF., Schimied V., Burns, E. & Salamonson. Y. (2018) Breastfeeding knowledge and attitudes of baccalaureate nursing students in Taiwan: A cohort study. E-Journal of Woman Birth. 3,334-340. doi: 10.1016/j.wombi.2018.08.167

Zakarija-Grkovic, I. & Burmaz, T. (2010) Effectiveness of the UNICEF/WHO 20-hour course in improving health professionals' knowledge, practices, and attitudes to breastfeeding: before/after study of 5 maternity facilities in Croatia. E-Jorunal of Croat Med 5,396-405. doi: 10.3325/cmj.2010.51.396.

Aplicación de un sensor alternativo de lactato no enzimático

Postulante: Erick Salinas Ávila.

Egresado de la carrera de ingeniería en Nanotecnología de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Correo: erick708922@gmail.com

Tel: 4427806917

Asesor: Ricardo Antonio Escalona Villalpando.

Docente e investigador de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Correo: ricardo.escalona@uaq.edu.mx

Resumen

En este trabajo se evalúan electrodos para un sensor de lactato no enzimático a partir de un compuesto bimetallico de Fe y Cu (Guo et al., 2020), denominado como un análogo al azul de Prusia (CuFe-PBA) por su estructura cristalina similar a este. Se realizaron pruebas mediante técnicas electroquímicas como Cronoamperomentrías (CA), Voltameperometrías cíclicas (VC) y voltametrías de pulso diferencial con el fin de evaluar su desempeño. El sensor mostró un rango lineal desde 0 a 50 mM en un pH de 7.4, mientras que a un pH de 5.6 el rango fue de solo 0 a 5.6 mM. Los estudios solo se realizaron en un rango de 0 a 6 Mm para pH neutro ya que este es el rango de concentraciones de lactato que pueden estar presentes en fluidos biológicos con este pH. Algunos parámetros obtenidos fueron rango lineal 0 a 6 mM (R^2 = 0.983), límite de cuantificación de 6.381 mM y límite de detección de 1.569 mM. Dando como resultado una vía alterna para el sensado de lactato. La alternativa abiótica puede ser más útil en casos específicos, ya que el uso de este material puede ayudar a mejorar o eliminar la tendencia de un sistema enzimático a perder su funcionalidad por los efectos de pH, temperatura u otros efectos inhibitorios.

Palabras clave

Lactato, sensado abiótico, análogos de azul de Prusia, CuFe-PBA, Fluidos Humanos.

Abstract

In this work, electrodes for a non-enzymatic lactate sensor are evaluated from a bimetallic compound of Fe and Cu, named as an analog to Prussian blue (FeCu-PBA) due to its structural similarity. Different electrochemical techniques were used such as Chronoamperometrys (CA), Cyclic Voltameperometrys (VC) and Differential Pulse Voltammetrys in order to evaluate their performance. A linear relationship between concentration and current was found over a range of 0 to 50 mM at a pH of 7.4, while at a pH of 5.6 the range was only 0 to 5.6 mM, however the studies were only performed in a range of 0 to 6 Mm for neutral pH because of the range of lactate concentrations that can be present in biological fluids with this pH. Some parameters obtained were linearity in a linear range 0 to 6 mM (R2 = 0.983), quantification limit of 6,381 mM and detection limit of 1,569 mM. The resulting is an alternative pathway for lactate sensing. The abiotic alternative may be more useful in specific cases, for the reason that the use of this material can help to improve the tendency of an enzyme system to lose its functionality due to the effects of pH, temperature or other inhibitory effects.

Key words

Lactate, abiotic sensing, Prussian blue analogs , CuFe-PBA, Human Fluids.

1 Introducción

Los sensores son dispositivos de cuantificación analítica que, a diferencia de un sensor, comprenden

un elemento de reconocimiento de conformación biológica o abiótica, el cual está asociado a un método de cuantificación que está descrito por el tipo de interacción que se dará entre el analito y nuestro elemento de detección, con el fin de obtener información de este en tiempo real. Existen diferentes elementos de detección biológicos como enzimas, anticuerpos, lectinas, receptores, células completas, ácidos nucleicos, áptamelos, oxidos metálicos, nanopartículas, etc. De forma general, se busca que exista una relación directa entra la concentración del analito y la corriente eléctrica o voltaje medido. Está señal puede ser amplificada de manera conveniente con el objetivo de poder ser enviada a un dispositivo que haga la conversión correspondiente para que la señal pueda ser mostrada en las unidades de concentración del analito (JIMÉNEZ C & LEÓN P, 2009).

Se pueden clasificar los biosensores por el tipo de receptor o bioreceptor que utiliza como elemento de reconocimiento, que a su vez es la parte más importante para su especificidad. El término bioreceptor se refiere al elemento de origen biológico que mediante distintos procesos químicos o físicos logra la unión específica con el analito que nos interesa. Estos bioreceptores pueden clasificarse en 6 tipos que son: ADN o primers, Enzimáticos, células, aptámeros, compuestos inmunológicos y compuestos biomimetios (Velusamy et al., 2010). Sin embargo en nuestro caso el elemento de reconocimiento no es de origen biológico, pero sí se busca que se pueda llegar a tener la misma selectividad en medios complejos, con la finalidad de ser utilizado como un sensor de lactato en fluidos bilógicos.

Este material se denomina un análogo del azul de Prusia (Guo et al., 2020) que se refiere a un material que tienen composiciones definidas de cationes metálicos, que actúan como nodos que están unidos por grupos de cianuro que actúan a su vez como puente (Jiao et al., 2017). En este caso esta estructura está conformada por cobre, hierro y cianuro de manera similar a como se muestra en la siguiente imagen.

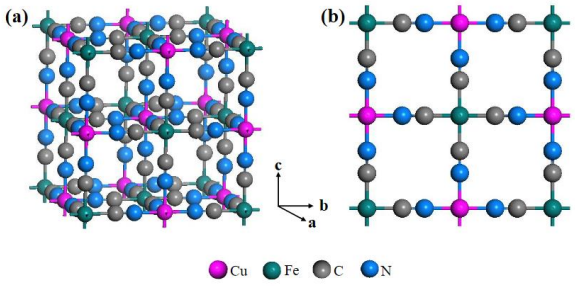


Figura 1. (a) La estructura de $Cu_3[Fe(CN)_6]_2$ en tres sistemas de coordenadas (b) y plano bc (Jiao et al., 2017).

Como podemos ver este compuesto es un tanto complejo, pues aunque su estructura presentada en la Figura 1 parece simplemente una estructura cúbica centrada en las caras. Si estudiamos esta forma más a fondo veremos que está formada por los 3 tipos de enlaces, un enlace covalente en el ion cianuro, un enlace complejo entre los iones CN^- y Fe para formar el ion ferrocianuro (o ferricianuro) y un enlace iónico entre lo iones de ferrocianuro y Fe nuevamente. En la figura 2 podemos ver la estructura de los orbitales moleculares del ion ferrocianuro, el cual se genera a partir de la separación de los niveles energéticos degenerados $3d^5$ del ion Fe^{2+} (Malmqvist et al., 2008). Dando como lugar a un complejo octaédrico de espín bajo, denominado así ya que los ligandos CN^- al generar una separación grande entre los estados degenerados que resulta en 2 niveles energéticos diferentes para estos mismos estados, hace que los electrones se coloquen dentro de los orbitales siguiendo un orden que siempre dará el valor mínimo de espín, a los ligandos que logran esto se les denomina ligandos fuertes (Kunnus et al., 2016).

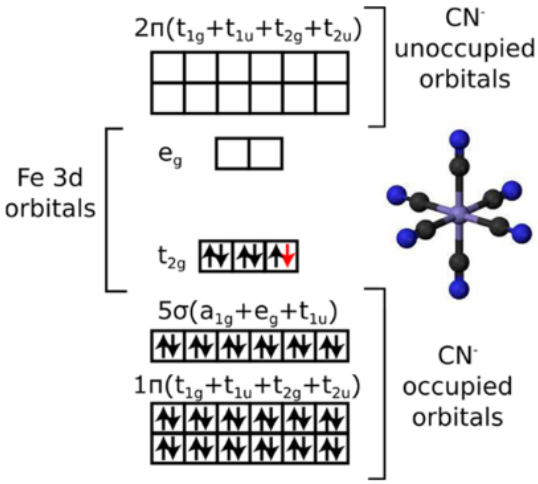


Figura 2. Diagrama cualitativo de orbitales moleculares de valencia (MO) de un complejo de hexacianuro de hierro octaédrico con CN^- (Kunnus et al., 2016).

Para el caso del ion ferricianuro la sería lo mismo solo que el electrón marcado en rojo en la figura 2 no estaría, exisitendo en lugar de los dos electrones apareados solo un electron desapareado, lo que haría a este compuesto un agente oxidante que buscaría una forma de menor energía con este electrón formando nuevamente el ferrocianuro.

Tradicionalmente, se sabe que el compuesto PB existe en al menos dos formas estables; rico en álcalinos (soluble), AFe^{III} $[Fe^{II}$ $(CN)_6]$, donde A = cationes de metales alcalinos, y libre de álcalinos (insoluble), $Fe^{III}[Fe^{II}(CN)_6]$(Ludi & Güdel, 1973). Los términos "soluble" e "insoluble" son algo engañosos, ya que ambos compuestos son altamente insolubles en agua. En este contexto, la connotación de solubilidad fue inventada por los fabricantes de tinte y se refiere a la facilidad con la que ciertas muestras de PB pueden formar soluciones coloidales (Xing et al., 2020).

Los análogos del azul de Prusia (PBA), se pueden formular como $A_xM[M'(CN)_6]$, donde M y M' son iones de metales de transición; A, cuando está presente, es a menudo un catión monovalente o NH4 +. La estructura cristalina idealizada de PB generalmente se describe en el grupo espacial Fm3m a ≈ 10.2 Å, y fue caracterizada por primera vez por Keggin y Miles en 1936, utilizando datos de difracción de polvo (KEGGIN & MILES, 1936). Un modelo de estructura ligeramente modificado (actualmente el aceptado) para PB libre de álcalis fue presentado en la década de 1970 por Buser et al. por difracción de rayos X monocristalino (Malmqvist et al., 2008).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Desarrollar electrodos para la construcción de sensores y celdas de combustible flexibles para la cuantificación y generación de energía utilizando lactato como combustible.

1.1.2 Objetivos específicos

Caracterizar los electrodos por métodos fisicoquímicos, microscópicos y electroquímicos.

Optimizar los electrodos para el sensor de lactato, buscando las mejores condiciones de pH.

Desarrollar los electrodos para una biocelda de combustible de lactato, definiendo el material para el ánodo, la concentración óptima y cuanta corriente producirá, utilizando como cátodo lacasa.

Desarrollo de biocelda y biosensor a partir de los electrodos y un sistema eléctrico acoplado.

2 Metodología

2.1 Síntesis de partículas de CuFe-PBA

Se preparó una solución 0.01M de Cu(NO3)2 y 0.01 M $K_3Fe[CN_6]$ y 3.0 g de PVP en 50mL de agua DI. Se agitó durante 30 minutos, se centrifugó y posteriormente fue lavado con agua y etanol varias veces. El precipitado se dejó secar a 60°C durante 24 h (Guo et al., 2020).

2.2 Preparación de electrodos de CuFe-PBA

Se dispersaron 2.5 mg de nanopartículas de FeCu en 182.5 µL de isopropanol, 17.5 µL de nafión, posteriormente se agitó por 1 minuto en el vortex y se sonicó 30 segundos, repitiendo estos últimos dos procesos al menos 3 veces para lograr una dispersión correcta de las partículas. Una vez lograda una buena dispersión se depositó 20 µL sobre la superficie de los electrodos de $0.25\ cm^2$ de área y se dejó secar al menos 1h.

2.3 Evaluación de los electrodos por métodos electroquímicos.

Todos los experimentos se realizaron al menos por triplicado, excepto los especificados. Los experimentos electroquímicos fueron realizados con/sin agitación usando un potenciostato marca Epsilon y BioLogic SAS Science Instrument VSP. Los electrodos fueron evaluados en distintas soluciones buffer a diferentes pH con el fin de evaluar la actividad del sensor en estos diferentes valores de pH, usando un electrodo de calomel o Ag/AgCl como electrodo de referencia y grafito como contra electrodo. Las voltamperometrias cíclicas (VC) se realizaron a una velocidad de barrido de 10 $mV{\cdot}s^{-1}$ y un rango de potencial variable, mientras que los experimentos de amperometría se realizaron aplicando diferentes voltajes específicos para cada material de manera constante para cada prueba. Por último las pruebas de voltametria de pulso diferencial fueron realizadas de un potencial inicial de -0.3 V a un potencial de 0.4 V, teniendo como parámetros una amplitud de 10 mV, un ancho de pulso de 100 ms, un incremento de potencial de 2 mV y un tiempo de muestreo de 300 ms.



Figura 3. Acomodo de electrodos usado para la realización de pruebas electroquímicas.

2.4 Evaluación de los electrodos de LOx para una biocelda de combustible de lactato

Los electrodos usados fueron un ánodo que contenga el material abiótico mientras que el biocátodo fue derivado de la enzima lacasa unida a nanotubos de carbono multipared sin modificación y modificados con antraceno o pireno-antraceno, los experimentos se llevaron a cabo sin agitación en una solución de PBS 0.1 M con un pH 5.6 en un solo compartimento. Para determinar el funcionamiento de la biocelda se hicieron curvas de descarga lineales desde potencial a circuito abierto a cero V con un barrido de 10 mV·s.

3 Resultados

Este material se probó por medio de VC, amperometrías y Voltametría de pulso diferencial (DPV). Las VC fueron de ayuda para determinar a primera instancia el comportamiento de los electrodos a la presencia de lactato, Se realizaron en un rango de -0.4 a 0.6 V con una velocidad de barrido de 10 $mV{\cdot}s^{-1}$, en PBS a un pH de 5.6. Esto mostró picos de oxidación notables ante la presciencia de lactato cercano a 0.05V (vs Ag/AgCl) llevando los valores de la corriente desde valores

ligeramente negativos hasta valores cercanos a los 100 µA para el mismo potencial. Un cambio también notable se puede ver en la parte de reducción, que aunque no muestra picos bien definidos a un potencial es evidente para cada concentración de lactato que la corriente aumenta y lo hace esta vez de manera correspondiente con cada adición a un potencial de -0.3 V.

Se pueden observar un par de picos redox que se deben a la oxidación y reducción del CuFe-PBA en los que sería de esperar, por su similitud con el azul de Prusia (PB) que siga un mecanismo similar. En el mecanismo conocido del PB este se reduce a PW que se re-oxida a PB y se sabe que el PB existe tanto en forma soluble como insoluble, entonces si nuestro material respeta estas formas podríamos tener un mecanismo análogo al del PB como se muestra a continuación para la forma soluble (Cinti et al., 2014).

$$ACu^{III}[Fe^{II}(CN)_6] + A^+ + e^- \rightarrow A_2Cu^{II}[Fe^{II}(CN)_6]$$

Y de la siguiente forma para su forma insoluble.

$$Cu^{III}[Fe^{II}(CN)_6] + 4A^+ + 4e^- \rightarrow A_4Cu^{II}[Fe^{II}(CN)_6]$$

Sin embargo esta forma no nos explicar completamente algunas de las cosas observadas durante la experimentación, como por ejemplo a que se debería entonces la diferencia entre usar este material o solo usar el PB. Para esto debemos hacer otras pruebas para verificar si se trata solo de este mecanismo o hay otros intermediarios en la reacción, lo que se confirmara más adelante cuando veamos que este mecanismo debe estar mediado por la presencia de oxígeno.

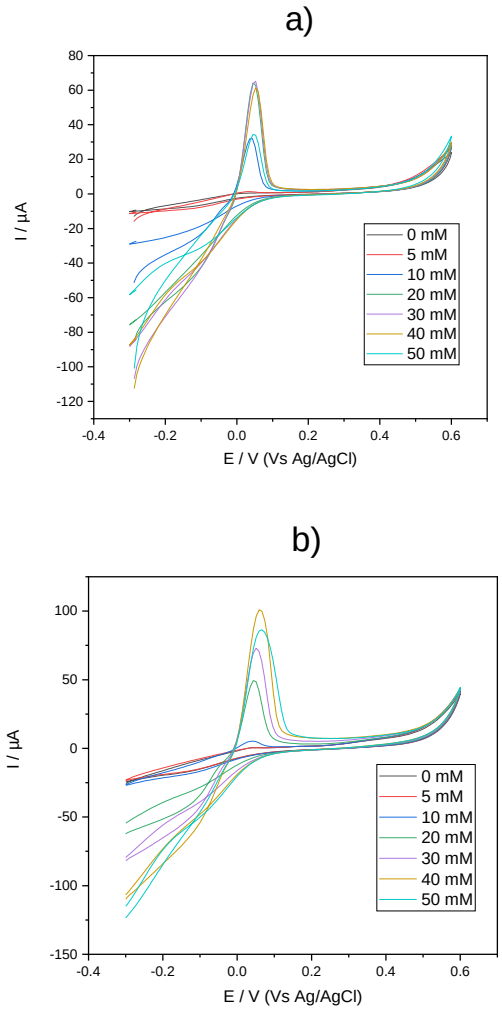


Figura 4. Voltamperometrías cíclicas de partículas de a) Cu-Fe PBA y b) Cu-Fe PBA y LOx a diferentes concentraciones de Lactato en PBS pH 5.6 (0.1 M) a una velocidad de barrido de 10 $mV \cdot s^{-1}$.

Posterior a esta prueba se realizaron otras VC que muestran que este mismo comportamiento se presenta cuando la enzima no es colocada sobre el electrodo, lo que nos hace concluir que el efecto visto es producido por el material únicamente. Cabe mencionar que los resultados son algo dispersos y rara vez se logró observar esta dependencia con la concentración de lactato hasta valores de 50 mM por lo que se optó por utilizar técnicas de DPV con el objetivo de observar de mejor manera estos picos de oxidación mostrados en el material. Estas pruebas fueron realizadas de un potencial inicial de -0.3 V a un potencial de 0.4 V, teniendo como parámetros

una amplitud de 10 mV, un ancho de pulso de 100 ms, un incremento de potencial de 2 mV y un tiempo de muestreo de 300 ms. Estas pruebas nos ayudaron a establecer de manera certera que la mayoría de los electrodos tenían como punto de saturación una concentración menor a la que suponíamos de 8 mM como es notable en la Figura 5.

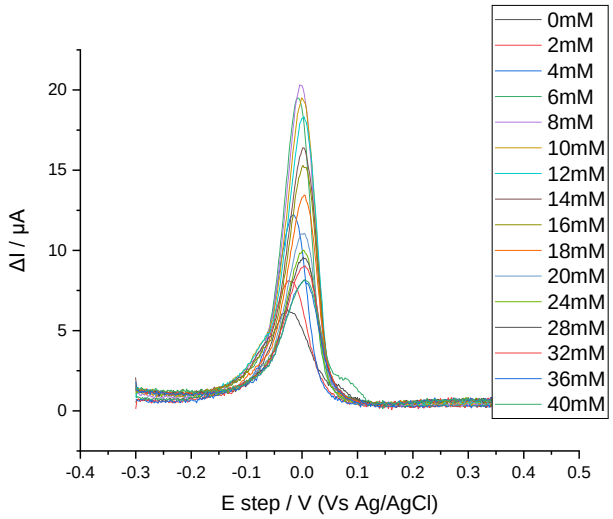


Figura 5. Voltametría de pulso diferencial de CuFe-PBA a diferentes concentraciones de lactato en PBS pH 5.6 (0.1 M).

En la Figura 6 podemos ver de manera más clara la relación entre el aumento de la corriente y las distintas concentraciones de lactato, podemos ver que alcanza la corriente más alta a una concentración de apenas 8 mM lo que concuerda con lo visto en algunas VC vistas anteriormente.

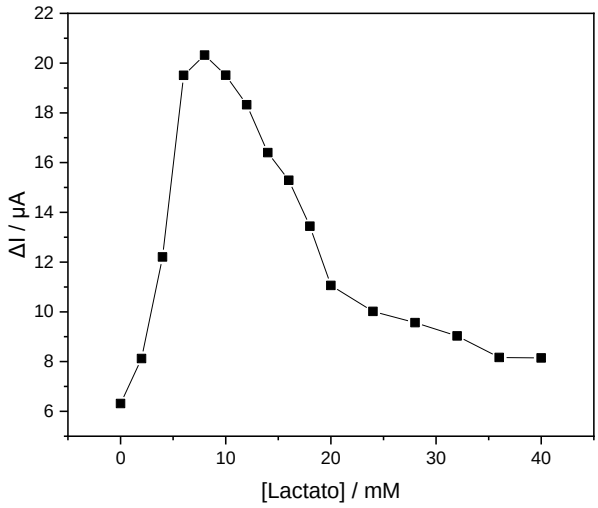


Figura 6. Concentración de lactato vs diferencia de corriente obtenida de la Voltametría de pulso diferencial de CuFe-PBA a diferentes concentraciones de lactato en PBS pH 5.6 (0.1 M)

Se realizó un duplicado de la prueba anterior de DPV de donde se obtuvo rango lineal de 0-8 mM ($R^2 = 0.958$), un límite de detección de 1.569 mM, un límite de cuantificación de 5.23 mM, constante de Michaelis-Menten aparente de 42.83 mM, una sensibilidad de 2.25 $\mu A \cdot mM^{-1}$, y una corriente máxima de 138.89 μA. En este caso el límite de detección toma valores que nos permiten la detección del lactato en el medio, sin embargo el límite de cuantificación se acerca bastante al rango lineal del electrodo, por lo que la cuantificación puede ser poco efectiva. Esto debido probablemente a la irregular dispersión de las partículas sobre el electrodo, por lo que para mejorar estos datos se debería cambiar el método mediante el cual se depositan las partículas sobre el electrodo.

Este material fue evaluado posteriormente por cronoamperometría, considerando el hecho que presenta una saturación a los 8 mM que puede ser útil para evaluarlos en fluidos biológicos como lágrimas, sudor o sangre por lo que estas se realizaron en condiciones que coincidan mejor con estos medios ya que estos tienen un pH neutro y como concentración máxima de lactato pueden contener alrededor de 6 mM. Realizando adiciones

de lactato cada sesenta segundos en distintos rangos de concentración de lactato. De 0 a 1.6 mM se hicieron 16 adiciones de 0.1mM, de 1.6 a 3.6 mM se hicieron 10 adiciones de 0.2mM y finalmente de 3.6 a 6 se realizaron 6 adiciones de 0.4 mM. En la figura 7 pueden observarse estos 3 rangos de adiciones que comienzan alrededor de los 380 segundos.

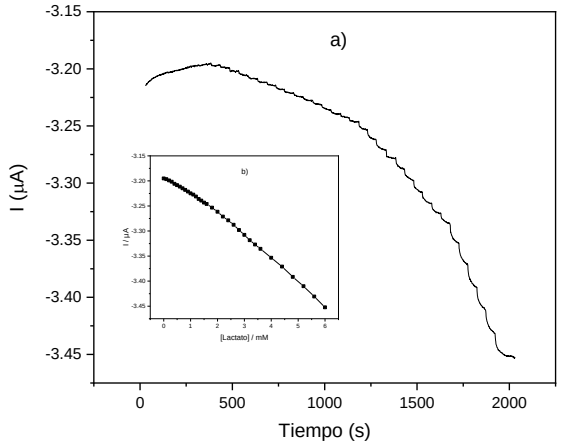


Figura 7. a) Cronoamperometría de FeCu NP´s a con adiciones de ácido láctico en PBS pH 7.4 (0.1 M) a un potencial de -300mV b) corriente en función de la concentración de lactato.

Se realizó un triplicado de estas pruebas de cronoamperometría y se obtuvo un rango lineal de 0 mM a 6 mM con una $R^2 = 0.983$ y la siguiente ecuación lineal $y = -5 \times 10^{-8}x\ 4 \times 10^{-6}$.

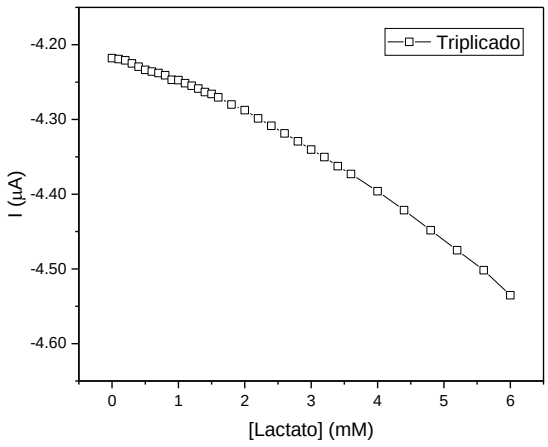


Figura 8. Triplicado de pruebas cronoamperometricas del electrodo de CuFe-PBA con adiciones de lactato.

El desconocimiento del mecanismo redox que sucede en este electrodo llevó a la pregunta de si este tiene alguna dependencia de oxígeno, para lo cual podemos plantear al siguiente experimento, que trata de hacer una cronoamperometría a en la, posterior a una adición, nitrogenamos el medio, esperando ver una disminución de la corriente y posteriormente oxigenamos el medio, esperando ver un aumento notable en la corriente por arriba de donde se encontraba antes de nitrogenar. Los parámetros de este experimento son las mismas que en la 7

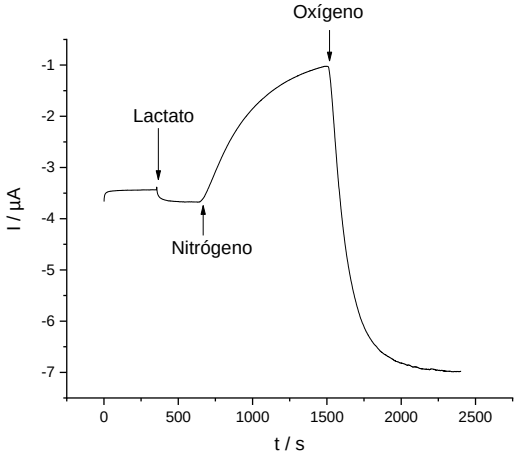


Figura 9 Efecto de la nitrogenación y oxidación en el electrodo de CuFe-PBA.

En este caso se hizo una prueba de interferentes con 1 mM de lactato (Lac), 3 mM de glucosa (Glu), 0.1 mM de ácido ascórbico (AA), 0.1 mM de ácido úrico (AU), 0.1 mM de Urea (U) y 0.2 nM de dopamina. En la Figura podemos ver que solamente la adición de lactato produce un aumento de la corriente en el sentido negativo, todas los demás interferentes probados causan el efecto contrario, de disminución de la corriente, cada uno con una magnitud distinta siendo la dopamina la que tuvo el efecto menos notorío, casi imperceptible y el ácido úrico y el ácido ascórbico los que causaron un mayor cambio en la corriente, en el caso de la primera adición de ácido ascórbico se vio un cambio de 0.9 μA, mucho mayor que los cambios de corriente vistos anteriormente para las adiciones de lactato, con lo que no sería posible medir de manera precisa la concentración de lactato presente en la solución en la presencia de alguno de estos interferentes, en otras palabras se puede decir que el material no es selectivo sino que más bien pueda catalizar reacciones redox de distintos materiales orgánicos.

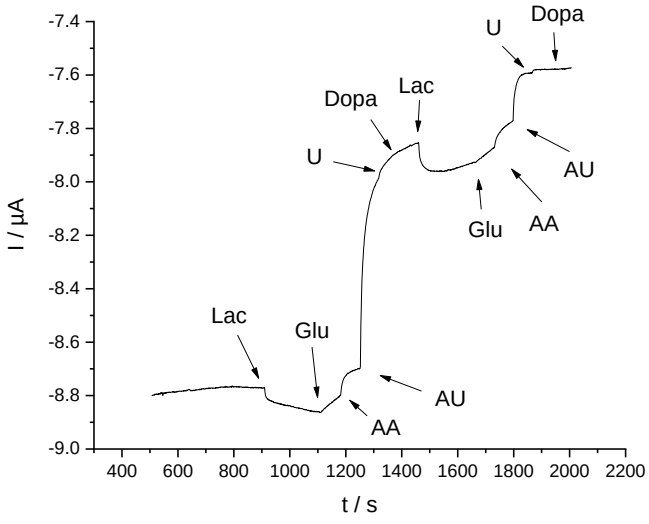


Figura 10. Prueba de interferentes de CuFe-PBA.

4 Discusión y conclusiones

En resumen, el material muestra una potencial alernativa al sensado de lactato en diferentes medios complejos, es decir medios donde se tenga una gran cantidad de moléculas y iones distintos en diferentes concentraciones, ya que como podemos ver mediante las pruebas de interferentes solo se encontró un aumento en el valor absoluto de la corriente para adiciones de lactato. A simple vista solo nos da información cualitativa indicándonos si la concentración de lactato en el medio cambia ya que si se adiciona lactato la corriente aumentará su valor absoluto es decir descenderá en la gráfica de corriente, ya que es una corriente negativa, mientras que el cambio de concentración de cualquier otro analito hace que el valor de la corriente aumente o que disminuya su valor absoluto. Debido a que la sensibilidad del material a otras moléculas es notorio, la dependencia de la concentración con la corriente no nos da información cuantitativa precisa en medios complejos, aunque sí lo hace en medios donde las concentraciones de los interferentes no cambian, De cambiar estas concentraciones lo más que podremos distinguir es si el cambio de concentración es en lactato. Podríamos pensar que estos factores acabarían por completo con la potencial aplicación de estos electrodos a sistemas de detección en fluidos biológicos, pero tal vez esto no sea así, ya que en algunas situaciones, como al hacer un esfuerzo físico que sobrepase la capacidad aeróbica del cuerpo, el cambio más notable en las concentraciones de los distintos elementos de algunos fluidos como sudor, sanre, lagrimas o saliva , suceden en mayor proporción en las concentraciones de lactato (Nanji & Whitlow, 1984), por lo que una posible aplicación podría ser la determinación cualitativa del umbral aeróbico. Sin embargo el trabajo aquí reportado no abarcó esos temas, sino que quedan como una perspectiva futura de este trabajo.

5 Referencias

Cinti, S., Arduini, F., Moscone, D., Palleschi, G., & Killard, A. J. (2014). Development of a

hydrogen peroxide sensor based on screen-printed electrodes modified with inkjet-printed Prussian blue nanoparticles. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *14*(8), 14222–14234. https://doi.org/10.3390/s140814222

Guo, R., Chen, Y., Nengzi, L., Meng, L., Song, Q., Gou, J., & Cheng, X. (2020). In situ preparation of carbon-based Cu-Fe oxide nanoparticles from CuFe Prussian blue analogues for the photo-assisted heterogeneous peroxymonosulfate activation process to remove lomefloxacin. *Chemical Engineering Journal*, *398*, 125556. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125556

Jiao, S., Tuo, J., Xie, H., Cai, Z., Wang, S., & Zhu, J. (2017). The electrochemical performance of Cu3[Fe(CN)6]2 as a cathode material for sodium-ion batteries. *Materials Research Bulletin*, *86*, 194–200. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2016.10.019

JIMÉNEZ C, C., & LEÓN P, D. E. (2009). Biosensores: aplicaciones y perspectivas en el control y calidad de procesos y productos alimenticios . In *Vitae* (Vol. 16, pp. 144–154). scieloco .

KEGGIN, J. F., & MILES, F. D. (1936). Structures and Formulæ of the Prussian Blues and Related Compounds. *Nature*, *137*(3466), 577–578. https://doi.org/10.1038/137577a0

Kunnus, K., Zhang, W., Delcey, M. G., Pinjari, R. V, Miedema, P. S., Schreck, S., Quevedo, W., Schröder, H., Föhlisch, A., Gaffney, K. J., Lundberg, M., Odelius, M., & Wernet, P. (2016). Viewing the Valence Electronic Structure of Ferric and Ferrous Hexacyanide in Solution from the Fe and Cyanide Perspectives. *The Journal of Physical Chemistry B*, *120*(29), 7182–7194. https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.6b04751

Ludi, A., & Güdel, H. U. (1973). *Structural chemistry of polynuclear transition metal cyanides BT - Inorganic Chemistry*. 1–21.

Malmqvist, P. Å., Pierloot, K., Shahi, A. R. M., Cramer, C. J., & Gagliardi, L. (2008). The restricted active space followed by second-order perturbation theory method: Theory and application to the study of CuO2 and Cu2O2 systems. *The Journal of Chemical Physics*, *128*(20), 204109. https://doi.org/10.1063/1.2920188

Nanji, A. A., & Whitlow, K. J. (1984). Clinical utility of lactic acid measurement in body fluids other than plasma. *The Journal of Emergency Medicine*, *1*(6), 521–526. https://doi.org/10.1016/0736-4679(84)90005-2

Velusamy, V., Arshak, K., Korostynska, O., Oliwa, K., & Adley, C. (2010). An overview of foodborne pathogen detection: In the perspective of biosensors. *Biotechnology Advances*, *28*(2), 232–254. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.12.004

Xing, X., Song, Y., Jiang, W., & Zhang, X. (2020). CuFe–P from a Prussian blue analogue as an electrocatalyst for efficient full water splitting. *Sustainable Energy & Fuels*, *4*(8), 3985–3991. https://doi.org/10.1039/D0SE00402B

Desarrollo de apósitos electrohilados basados en polímeros naturales.

Fusto Sanabria R, J. Mario Garcidueñas T., Eduardo A. Elizalde P.

fausto.sanrom@gmail.com, Universidad Autónoma de Querétaro, mario.garciduenas@outlook.com , Universidad Autónoma de Querétaro, eelizalde@uaq.edu.mx, , Universidad Autónoma de Querétaro,

Resumen: Aunque existen muchos esfuerzos para desarrollar terapias y biomateriales que promuevan el proceso de cicatrización en una herida, los apósitos más comunes tienen un rol pasivo en dicho proceso de curación. El uso de la técnica de electrospinning para el desarrollo de materiales en la ingeniería de tejidos ha sido ampliamente utilizado debido a las características y propiedades de los materiales electrohilados. En el presente trabajo se realizó la síntesis de apósitos mediante la técnica de electrospinning, fabricados con Quitosano, PEO, Aloe Vera y *Triticum Vulgare*, materiales naturales biocompatibles cuyas propiedades han sido probadas en la ingeniería de tejidos. Se obtuvieron imágenes SEM que indican que la adición de PEO al quitosano mejora su capacidad para formar fibras más uniformes en el electrospinning obteniendo fibras uniformes; mediante el análisis del espectro FT-IR se comprobó la presencia de los precursores en los apósitos y observando la disminución de la absorbancia en los picos a 1590 y 3000-3400 cm^{-1} se comprueban las interacciones entre el quitosano y el PEO mediante enlaces de hidrógeno hecho que respalda la adición de PEO para la obtención de fibras uniformes.

Palabras clave: Biomateriales, Electrospinning, Apósitos, ingeniería de Tejidos.

Abstract: Although there are a lot of efforts to develop therapies and biomaterials that promote the healing, the most common dressing materials have a passive role in the healing process. The use of the electrospinning technique for the development of materials for tissue engineering applications has been widely used for the characteristics and properties of the electrospun materials. In this work a Chitosan, PEO, Aloe Vera and Triticum Vulgare electrospun dressing was synthetized, these biocompatible materials have been used in the field of tissue engineering for its proprieties. The obtained SEM images shows that the addition of PEO to the chitosan solution in a relatively low percentage improves the capability of make uniform fibers with electrospinning and uniform fibers with an average diameter of 108 nm were obtained. The presence of the precursor materials is confirmed by analyzing the FT-IR spectra of the designed dressings and observing the decrease absorption in the peaks at 1590 y 3000-3400 cm^{-1}, the interactions between chitosan and PEO by hydrogen bonding are confirmed fact that supports the addition of PEO to obtain uniform fibers.

Key words: Biomaterials, Electrospinning, Dressings, Tissue engineering.

Introducción: El cuidado de las heridas cutáneas es de gran importancia para la salud ya que la función principal de la piel es servir como barrera protectora contra el medio ambiente, regular la temperatura, participar en el funcionamiento del sistema nervioso, regulación del contenido de agua y proteger al organismo de lesiones mecánicas y diversos agentes externos (Dąbrowska et al., 2018); por lo tanto, el tratamiento de las heridas debe de ser realizado de la manera más eficiente para que

las heridas cutáneas sanen y la piel cumpla con sus funciones normales.

Aunque existen muchos esfuerzos en el tema del cuidado de una herida, actualmente no se ha desarrollado una terapia ideal que promueva un proceso de curación un rápido y eficiente; los apósitos más comunes disponibles comercialmente están elaborados de polímeros sintéticos o naturales en forma de gazas y vendajes que tiene un papel pasivo en el proceso de cicatrización (Mele, 2016), es decir, solamente protegen el sitio herido de agentes contaminantes y absorben exudados de manera no controlada.

La regeneración de tejidos epiteliales abordada desde las nano fibras es ampliamente utilizada debido a las similitudes entre las nano fibras y matriz extracelular característica que propicia aceleración en el proceso de cicatrización (Lin et al., 2020). La técnica del electrospinning se ha convertido en un método sencillo, rápido y de bajo costo para sintetizar apósitos, ya que las propiedades de los polímeros electrohilados para aplicaciones en ingeniería de tejidos concuerdan con las necesarias para propiciar una buena curación (Wu et al., 2020).

El quitosano (Q) es un polisacárido catiónico producido a partir de le desacetilación de la quitina (Gallardo et al., 2019). Es un material biocompatible aprobado por la FDA para ser utilizado como material en apósitos (Dodero et al., 2020); con una gran variedad de propiedades, como: capacidad quelante, efectos antimicrobianos(Ranjbar & Yousefi, 2018), promueve la regeneración de tejidos, propiedades analgésicas, hemostáticas y es ampliamente utilizado en conjunto con distintos materiales para aplicaciones biomédicas (Caicedo et al., 2015; Salzano de Luna et al., 2017).

El poli (óxido de etileno) (PEO) es un polímero sintético biocompatible con numerosas aplicaciones en ingeniería de tejidos; Diversos estudios reportan que el material no interfiere con las funciones celulares y no presenta citotoxicidad (Berri et al., 2018; Theodosopoulos et al., 2017).

Aloe vera (Aloe barbadensis Miller)(AV), es una especie de suculenta de la familia de las Xantoroeáceas, el gel extraído de la planta es uno de los biopolímeros más abundantes y ha sido usado por cientos de años para propósitos farmacéuticos, cosmetológicos y nutricionales (Leal X, 2015). En biomateriales ha sido ampliamente utilizado como aditivo en apósitos para promover la cicatrización, para el tratamiento de quemaduras, como antimicrobiano y estimulante del sistema inmunológico (Aghamohamadi et al., 2019).

El extracto de *Triticum Vulgare* (TV) es un aceite extraído de una variedad de germen de trigo, comúnmente utilizado para el tratamiento de condiciones patológicas de la piel(Funel et al., 2020); siendo uno de los principales componentes del producto farmacéutico *Fitoestimulina* de la compañía italiana DAMOR, está comprobado que éste extracto tiene la capacidad de promover la proliferación y maduración de fibroblastos además de reducir la reacción inflamatoria durante el proceso de cicatrización (Sanguigno et al., 2018).

Para este tipo de aplicaciones es necesario que los apósitos cubran ciertos requerimientos para que funcionen, para mejorar la cicatrización deben de ser no tóxicos, no alergénicos y presentar efectos antimicrobianos, además deben de promover la migración y proliferación celular, previniendo el crecimiento celular dentro de las nano fibras ya que deben de estar diseñados para ser removidos una vez que la herida sane.

En el presente estudio se pretende establecer una metodología para el desarrollo de apósitos a base de

quitosano, poli (óxido de etileno), aloe vera y *triticum vulgare* así como el análisis de sus propiedades químicas y composicionales y poderlos proponer como opción para una terapía de cicatrización.

Metodología:

a) Materiales

Para el experimento se utilizó quitosano de medio peso molecular marca Sigma Aldrich, poli (óxido de etileno) de la misma marca y cómo solvente Ácido acético glacial de la MEYER

Para la obtención del polvo de Aloe Vera se usó la variante Barbadensis Miller, posteriormente se liofilizó y pulverizó. Dentro del laboratorio se germinó el trigo de la variedad *Triticum Vulgare* para obtener el extracto mediante prensado en frío. Como surfactante se utilizó TritonX100 de la marca Sigma Aldrich.

b) Preparación de soluciones

Se disolvió quitosano en ácido acético al 70%, la concentración de la solución fue de 1% v/w. De la misma forma se preparó una solución de PEO en ácido acético a una concentración de 2.5% v/w. La solución de PEO se incorporó a la de quitosano en relación 9:1 y se preparó una segunda solución de quitosano en la misma concentración sin añadir PEO. Esta solución se electrohiló para usar de blanco en las caracterizaciones.

Se prepararon cuatro soluciones a electrohilar, dos de Aloe Vera y dos de *Triticum Vulgare* respectivamente. Para las soluciones de AV se disolvió el polvo liofilizado en agua destilada a una concentración de 2.5% v/w y se incorporó a las soluciones de Q y Q-PEO en relación 5:1. La soluciones con TV se prepararon al 1% con las soluciones de Q y Q-PEO. A todas las soluciones se les agregó 0.15mL del surfactante TritonX-100 por cada 2mL de solución.

c) Electrospinnig

Para el electrospinnig se utilizó una fuente de voltaje de 30 kV, una bomba de jeringa New Era Pump Systems modelo NE-300, y un colector diseñado para el experimento.

Se utilizaron los siguientes parámetros para la configuración del equipo:

Jeringa de 10 mL con un diámetro interno de 15mm y una punta de aguja de un Gauge (calibre) de 18 G. Distintos parámetros de distancia entre la jeringa y el colector y velocidad de flujo y voltaje aplicado fueron utilizados.

Se utilizó un calentador eléctrico para mantener la temperatura del ambiente en 60° C y disminuir la humedad presente.

d) Caracterización

Microscopía electrónica de barrido

Con un microscopio con una potencia de 10 kV WD10 mmss45 se tomaron imágenes para analizar el tamaño de las fibras obtenidas con la ayuda del software ImageJ.

Espectroscopía Infrarroja

Para estudiar las características químicas y composicionales de las membranas diseñadas se realizaron estudios de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier en modo reflexión total atenuada (ATR) usando un espectrómetro Spectrum Two^{TM} FT-IR de la marca PerkinElmer. Las muestras fueron montadas en el espejo y cada espécimen fue escaneado entre 4000 y 400 cm^{-1} con una resolución de 4cm^{-1}.

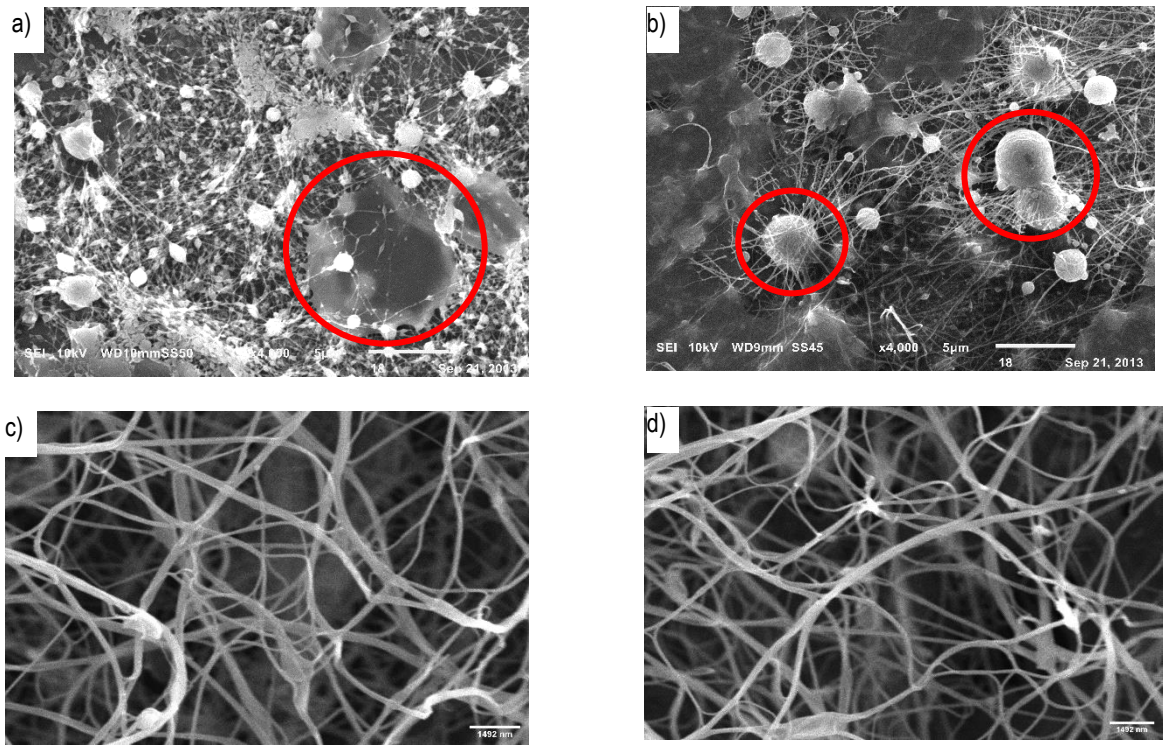


Figura 1: Microscopía electrónica de barrido a) Quitosano-Aloe Vera b) Quitosano - Triticum Vulgare c) Quitosano-PEO-Aloe Vera d) Quitosano-PEO-Triticum Vulgare

Resultados

Microscopía electrónica de barrido

Como puede observarse en la Figuras 1a) y 1b) las soluciones electrohiladas Quitosano-Aloe Vera y Quitosano *Triticum Vulgare* respectivamente, son apreciables claras imperfecciones como residuos sólidos y aglomeraciones de material provocadas por la incapacidad del campo electromagnético de romper la tensión superficial de la solución y propiciar un estiramiento uniforme del polímero.

La imagen SEM del apósito electrohilado de Quitosano-PEO-Aloe Vera (QPA) es mostrada en la Figura 1c) y la del apósito de Quitosano -PEO-Triticum Vulgare (QPT) es mostrada en la Figura 1d). Las nanofibras muestran diámetros uniformes sin imperfecciones como las observables en las muestras sin PEO.

El diámetro de las fibras de analizó usando el software ImageJ haciendo 100 mediciones, el promedio de las fibras de la muestra QPA es de 126 nm y de la muestra QPT es de 108 nm, la Figura 2 muestra la distribución de diámetros de QPA, en dicha gráfica se observa que para QPA la mayoría de las fibras se encuentran en un rango de 90 a 140 nm de diámetro; la Figura 3 muestra la distribución de diámetros para QPT y las fibras se encuentran en un rango de 70 a 120 nm.

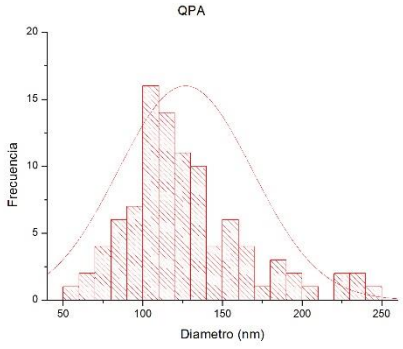


Figura 2: Distribución de diámetros QPA

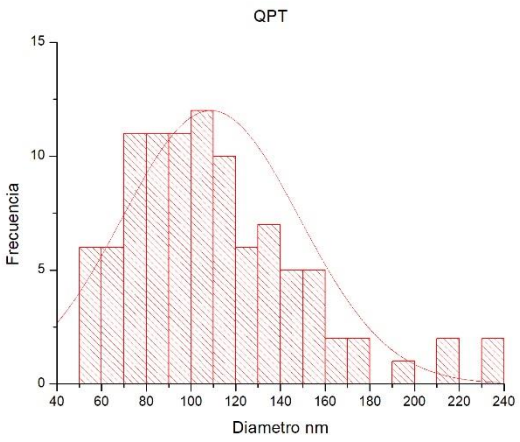


Figura 3: Distribución de diámetros QPT

Espectroscopía infrarroja

Los espectros FTIR de los apósitos QP, QPA, QPT y del Quitosano puro (Q) son mostrados en la Figura 4 y fueron comparados con los datos en la literatura. En el espectro Q y QP se pueden observar las bandas características del quitosano, las más importantes consisten en una banda amplia entre 3500 y 3100 cm^{-1} la cual puede ser atribuida a enlaces N-H y OH-O, a 2875 cm^{-1} se encuentra la banda atribuida al estiramiento de los grupos CH_2 banda encontrada también en el espectro del PEO, a 1650 cm^{-1} se encuentra la banda atribuida a la presencia de grupos N-acetil residuales en el proceso de desacetilación, y el pico principal del quitosano se encuentra en 1590 cm^{-1} correspondiente al estiramiento de grupos NH_2 (Kriegel et al., 2009).

Las bandas típicas del PEO son la banda a 2875 cm^{-1} ya mencionada, a 1095 y 840 cm^{-1} se encuentra la banda atribuida al estiramiento y vibraciones asimétricas de enlaces C-O-C respectivamente (Fouda et al., 2013), la intensidad de la absorbancia a los 1590 cm^{-1} del NH_2 del quitosano ha

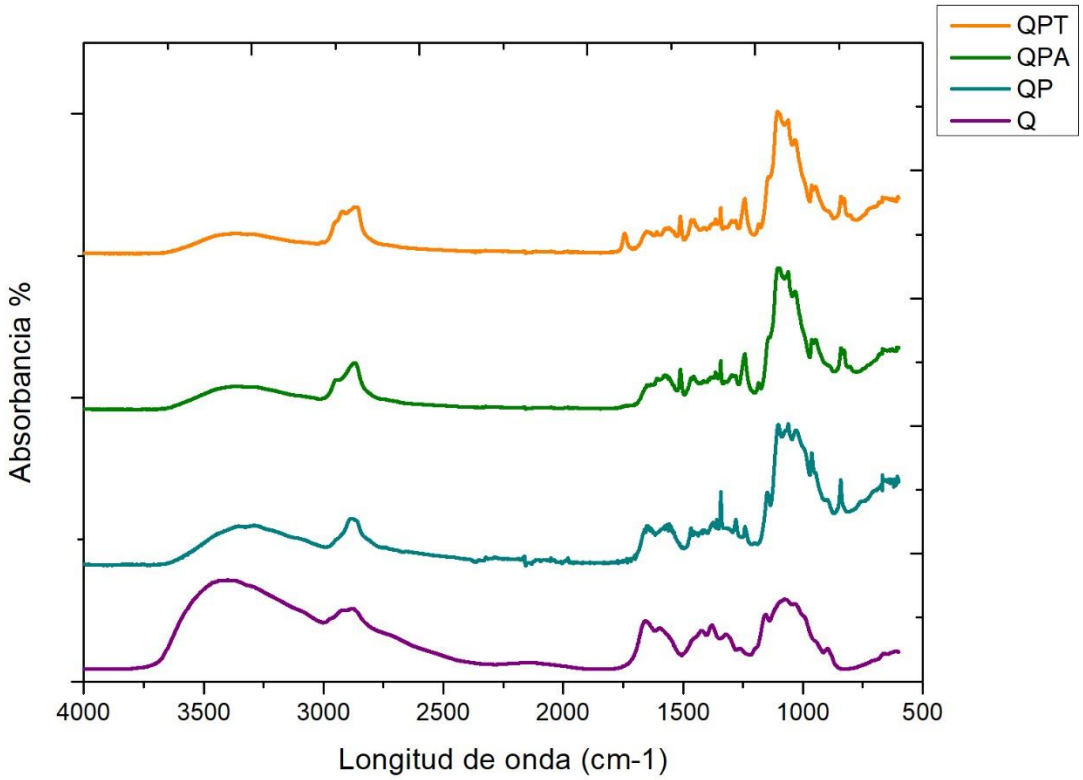


Figura 4: Espectro FT-IR Quitosano (Q), Quitosano-PEO (QP), Quitosano-PEO-Aloe Vera (QPA), Quitosano-PEO-Triticum Vulgare (QPT)

disminuido con la adición del PEO, de la misma manera que la intensidad de la entre 3500 y 3100 cm^{-1} comparados con el espectro del quitosano puro; esto puede presentarse por la disminución de enlaces de hidrógeno intermoleculares del quitosano y la formación de nuevos enlaces de hidrógeno entre el quitosano y el PEO.

En el espectro QPA se aprecian una mayor cantidad de bandas entre los 1500 y 100 cm^{-1} relacionadas con la adición de Aloe Vera; en 1075 cm^{-1} se encuentra una banda atribuía a vibraciones de estiramiento C-O y C-N de rhamnogalacturonan, un constituyente de las pectinas (Lim & Cheong, 2015). La presencia del extracto de *Triticum Vulgare* es confirmada en la muestra QPT debido a la banda de absorción en 1550 cm^{-1} banda característica del estiramiento en enlace doble C=O, presente en el enlace tipo éster de los lípidos.

Conclusiones

La fabricación de los apósitos de QPA y QPT fue realizada exitosamente mediante la técnica de electrospinning. El efecto del PEO sobre la morfología de las fibras fue probado mostrando fibras uniformes en presencia de éste, con un diámetro promedio de 108 nm en un rango de 70 a 120 nm. Los espectros FT-IR muestran picos característicos de los precursores encontrados en la literatura, constatando así su presencia en los apósitos diseñados. La disminución en los picos a 1590 y 3400 cm^{-1} del espectro FTIR del quitosano indica la interacción que tiene con el PEO mediante enlaces de hidrógeno, dicha interacción es la responsable de mejorar su capacidad de formar fibras con el electrospinning, esto se comprueba comparando las Figuras 1a) y 1b) contra 1c) y 1d); siendo el último par el que implementa el PEO. Gracias a esto los apósitos diseñados tienen un gran potencial para aplicaciones biomédicas e ingeniería te tejidos.

Referencias:

Aghamohamadi, N., Sanjani, N. S., Majidi, R. F., & Nasrollahi, S. A. (2019). Preparation and characterization of Aloe vera acetate and electrospinning fibers as promising antibacterial properties materials. *Materials Science and Engineering C*, *94*, 445–452. https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.09.058

Berri, N., Fares, J., & Fares, Y. (2018). Polyethylene Oxide and Silicon-Substituted Hydroxyapatite Composite: A Biomaterial for Hard Tissue Engineering in Orthopedic and Spine Surgery. *Advanced Biomedical Research*, *7*(1), 117. https://doi.org/10.4103/abr.abr_206_17

Caicedo, C., Cerda, A., Ospina Orejarena, A., Vázquez, A., & Maturana, H. (2015). Obtención de nanofibras a base de Quitosano y PVA mediante la técnica de electrospinning. *Informador Técnico*, *79*, 43–45.

Dąbrowska, A. K., Spano, F., Derler, S., Adlhart, C., Spencer, N. D., & Rossi, R. M. (2018). The relationship between skin function, barrier properties, and body-dependent factors. *Skin Research and Technology*, *24*(2), 165–174. https://doi.org/10.1111/srt.12424

Dodero, A., Brunengo, E., Alloisio, M., Sionkowska, A., Vicini, S., & Castellano, M. (2020). Chitosan-based electrospun membranes: Effects of solution viscosity, coagulant and crosslinker. *Carbohydrate Polymers*, *235*(January). https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115976

Fouda, M. M. G., El-Aassar, M. R., & Al-Deyab, S. S. (2013). Antimicrobial activity of carboxymethyl chitosan/polyethylene oxide nanofibers embedded silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, *92*(2), 1012–1017. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.047

Funel, N., Dini, V., Janowska, A., Loggini, B., Minale, M., Grieco, F., Riccio, S., & Romanelli, M. (2020). Triticum vulgare Extract Modulates Protein-Kinase B and Matrix Metalloproteinases 9 Protein Expression in BV-2 Cells: Bioactivity on Inflammatory Pathway Associated with Molecular Mechanism Wound Healing. *Mediators of Inflammation*, *2020*. https://doi.org/10.1155/2020/2851949

Gallardo, M. G. C., Barbosa, R. C., Fook, M. V. L., & Sabino, M. A. (2019). Síntesis y caracterización de un novedoso biomaterial a base de quitosano modificado con aminoácidos. *Matéria (Rio de Janeiro)*, *24*(3). https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0710

Kriegel, C., Kit, K. M., McClements, D. J., & Weiss, J. (2009). Influence of surfactant type and concentration on electrospinning of chitosan-poly(ethylene oxide) blend nanofibers. *Food Biophysics*, *4*(3), 213–228. https://doi.org/10.1007/s11483-009-9119-6

Leal X, M. O. (2015). Extraction, Characterization and Properties of the Gel of Aloe Vera (Aloe barbadensis Miller) Cultivated in Chile. *Medicinal & Aromatic Plants*, *04*(03). https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000199

Lim, Z. X., & Cheong, K. Y. (2015). Effects of drying temperature and ethanol concentration on bipolar switching characteristics of natural Aloe vera-based memory devices. *Physical Chemistry Chemical Physics*, *17*(40), 26833–26853. https://doi.org/10.1039/c5cp04622j

Lin, W., Chen, M., Qu, T., Li, J., & Man, Y. (2020). Three-dimensional electrospun nanofibrous scaffolds for bone tissue engineering. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, *108*(4), 1311–1321. https://doi.org/10.1002/jbm.b.34479

Mele, E. (2016). Electrospinning of natural polymers for advanced wound care: Towards responsive and adaptive dressings. *Journal of Materials Chemistry B*, *4*(28), 4801–4812. https://doi.org/10.1039/c6tb00804f

Ranjbar, R., & Yousefi, A. (2018). Effects of Aloe Vera and Chitosan Nanoparticle Thin-Film Membranes on Wound Healing in Full Thickness Infected Wounds with Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus. *Bulletin of Emergency and Trauma*, *6*(1 JAN), 8–15. https://doi.org/10.29252/beat-060102

Salzano de Luna, M., Castaldo, R., Altobelli, R., Gioiella, L., Filippone, G., Gentile, G., & Ambrogi, V. (2017). Chitosan hydrogels embedding hyper-crosslinked polymer particles as reusable broad-spectrum adsorbents for dye removal. *Carbohydrate Polymers*, *177*(August), 347–354. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.006

Sanguigno, L., Casamassa, A., Funel, N., Minale, M., Riccio, R., Riccio, S., Boscia, F., Brancaccio, P., Pollina, L. E., Anzilotti, S., Renzo, G. Di, & Cuomo, O. (2018). Triticum vulgare extract exerts an anti-inflammatory action in two in vitro models of inflammation in microglial cells. *PLoS ONE*, *13*(6), 1–14. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197493

Theodosopoulos, G. V., Zisis, C., Charalambidis, G., Nikolaou, V., Coutsolelos, A. G., & Pitsikalis, M. (2017). Synthesis, characterization and thermal properties of poly(ethylene oxide), PEO, polymacromonomers via anionic and ring opening metathesis polymerization. *Polymers*, *9*(4). https://doi.org/10.3390/polym9040145

Wu, T., Ding, M., Shi, C., Qiao, Y., Wang, P., Qiao, R., Wang, X., & Zhong, J. (2020). Resorbable polymer electrospun nanofibers: History, shapes and application for tissue engineering. *Chinese Chemical Letters*, *31*(3), 617–625. https://doi.org/10.1016/j.cclet.2019.07.033

Digestión gastrointestinal y fermentación colónica *in vitro* de garambullo

Autores: Sánchez-Recillas Edelmira[1a] y Vergara-Castañeda Haydé Azeneth[1b]

Colaborador: Campos-Vega Rocio[3c], Luzardo-Ocampo Ivan[4d]

[1]Facultad de Medicina. Programa de Posgrado en Biomedicina, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro,76010, México

[2]Facultad de Química, Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República (PROPAC), Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro,76010, México

[3]Instituto de Neurobiología, UNAM, Campus Juriquilla, Qro, México

[a] edelmira.s.r@hotmail.com
[b] hayvergarac@gmail.com
[c] chio_cve@yahoo.com.mx
[d] ivan.8907@gmail.com

RESUMEN

El garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) es un fruto endémico de México, poco estudiado, que contiene una serie de compuestos bioactivos y fibra antioxidante. En otras matrices alimentarias los compuestos bioactivos son absorbidos en intestino delgado y la fibra antioxidante alcanza el colon en donde es fermentada por la microbiota intestinal, originando ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Dichos productos están involucrados en mecanismos fisiológicos que intervienen en la salud del huésped. En el presente trabajo se caracterizaron los metabolitos generados durante la digestión gastrointestinal *in vitro* del garambullo y su bioaccesibilidad, así como la AGCC formados de la fermentación colónica *in vitro*. Por medio del cromatógrafo líquido de ultra alta resolución se identificaron 9 familias de compuestos bioactivos en el extracto de garambullo, algunos descritos por primera vez en garambullo. La bioaccesibilidad de los compuestos fue disminuyendo a lo largo del tracto gastrointestinal. La capacidad antioxidante por el método ABTS, DPPH, ORAC y FRAP fue mayor en el extracto de garambullo seguido de boca, estómago y colon respecto a intestino delgado. Mediante el cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas se identificó la presencia ácido acético, propiónico y butírico a las 6, 12 y 24 h. El ácido butírico fue mayor a las 24 h de fermentación. En conclusión, los compuestos bioactivos del fruto de garambullo son modificados en su bioaccesibilidad y capacidad antioxidante bajo condiciones simuladas de digestión y fermentación colónica *in vitro*, generando metabolitos con potencial acción biológica en colon a través del metabolismo anaeróbico de la microbiota intestinal.

Palabras clave: garambullo, digestión *in vitro*, fermentación colónica, AGCC.

ABTRACT

The garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) is a little-studied endemic fruit from Mexico, which contains a series of bioactive compounds and antioxidant fiber. In other food matrices, the bioactive compounds are absorbed in the small intestine and the antioxidant fiber reaches the colon where it is fermented by the intestinal microbiota, originating short-chain fatty acids (SCFA). These products are involved in physiological mechanisms that intervene in the health of the host. In the present work, the metabolites generated during the *in vitro* gastrointestinal digestion of garambullo and their bioaccessibility were characterized, as well as the SCFA formed from *in vitro* colonic fermentation. Using the high-resolution liquid chromatograph, 9 families of bioactive compounds are identified in the extract of garambullo, some described for the first time in garambullo. The bioaccessibility of the compounds was decreasing throughout the gastrointestinal tract. The antioxidant capacity by the ABTS, DPPH, ORAC and FRAP method was higher in the garambullo extract followed by mouth, small stomach and colon compared to intestine. Using a gas chromatograph coupled to a mass spectrometer, the presence of acetic, propionic and butyric acid from the garambullo fermentation extract was identified at 6, 12 and 24h. Butyric acid was higher at 24 h of

fermentation. In conclusion, the bioactive compounds of the garambullo fruit are modified in their bioavailability and antioxidant capacity under simulated conditions of digestion and colonic fermentation *in vitro*, generating metabolites with potential biological action in the colon through the anaerobic metabolism of the intestinal microbiota.

Key words: Garambullo, *in vitro* digestion, colonic fermentation, SCFA

1. Introducción

El garambullo es un fruto endémico de México presente en regiones áridas y semiáridas y en un estado maduro presenta un color morado intenso característico. Su consumo se da de forma local, ya sea como fruto fresco o en productos como nieves y mermeladas, entre otros (Guzmán-Maldonado et al., 2010). A pesar de que el garambullo es un fruto poco estudiado, se sabe que cuenta con la presencia de una alta cantidad de fibra dietaria, compuestos bioactivos, así como de fibra antioxidante, lo que le confiere características funcionales al presentar una alta capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante del garambullo es debida a la presencia de diversos compuestos fenólicos (CF), los cuales participan en una serie de mecanismo antioxidantes asociados a la prevención de enfermedades inflamatorias como diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer (Ramírez-Rodríguez et al., 2020)

Debido a que los CF son adquiridos por medio del consumo de frutas y verduras al formar interacciones con la matriz alimentaria, es importante conocer cuántos y cuáles de ellos llegan a ser bioaccesibles a lo largo del tracto gastrointestinal, debido a que forman interacciones no-covalentes con la fibra dietaria conformando así la fibra antioxidante (FA) (Crozier et al., 2010). Una característica importante de la FA es su alta resistencia a las enzimas digestivas del intestino delgado donde se sabe que entre el 5 y 10% de los CF son liberados. Por lo que hasta el 95% de ellos llegan al colon unidos a la fibra dietaria, la cual es sometida a un proceso de fermentación bacteriana generando así metabolitos secundarios. Entre ellos se encuentran los AGCC, principalmente el ácido butírico, acético y propiónico, los cuales son fácilmente absorbidos por el colon y están involucrados en una serie de mecanismos celulares que promueven la salud humana (Swallah et al., 2020).

La simulación del proceso digestivo en garambullo solo se ha realizado hasta el momento por Montiel-Sánchez et al. (2020), Sin embargo, es importante señalar que la determinación de los metabolitos presentes en el garambullo resultado del proceso de digestión *in vitro* fue de manera parcial y no se realizó una clasificación de los compuestos generados en la fracción digerible y la fracción no digerible. Además, el estudio no contempla el metabolismo colónico por lo que no se determinaron los metabolitos generados de los compuestos bioactivos durante el proceso de fermentación *in vitro*, ni su capacidad antioxidante. De tal manera que resulta importante un estudio más exhaustivo que involucre todo el tracto gastrointestinal para poder sugerir un potencial biológico del consumo del garambullo. De tal manera que el objetivo de este trabajo fue el caracterizar los metabolitos producidos durante el proceso de digestión y bioaccesibilidad gastrointestinal, así como del proceso de fermentación colónica del garambullo, mediante el uso de un modelo *in vitro,* así como el determinar la capacidad antioxidante.

2. Metodología

2.1 Recolección y tratamiento del garambullo

El garambullo fue recolectado en la comunidad de Garabatillo, Celaya, en el estado de Guanajuato en el mes de junio del 2020. Una vez recolectado, el garambullo fue lavado con agua corriente sin tallar. En seguida se liofilizó y se molió, obteniendo el fruto en polvo que se almacenó en bolsas selladas al vacío a una temperatura de -80°C.

2.3 Extracto de garambullo

Para extracción de compuestos polares se preparó un extracto de garambullo sin digerir acetona-agua (50:50, V:V). Los compuestos no polares se extrajeron utilizando hexano como solvente conforme a lo descrito por Reynoso-Camacho et al. (2021).

2.4 Digestión gastrointestinal *in vitro*

Se realizó una simulación *in vitro* del proceso digestivo del garambullo siguiendo la técnica adaptada por Campos-Vega et al. (2015). En la fase de boca se solicitó la participación de 4 voluntarios sanos para el proceso de masticación del garambullo. La suspensión obtenida de la fase de boca se llevó a la fase de estómago en donde se modificando el pH a 2.0 y se añadió pepsina, incubando en un baño de agua con agitación durante 2 h a 37°C. En seguida se continuó con la fase de intestino delgado en el cual la muestra obtenida de estómago se mezcló con un extracto intestinal compuesto por hiel de Buey, pancreatina y solución tampón Krebs-Ringer (K-R) y se puso a un pH de 7.6. Posteriormente la solución formada de la fase de intestino fue colocada en recipientes con un volumen de 15 ml a los cuales se les añadió un saco intestinal invertido, el cual fue extraído 4 ratas macho de la cepa Wistar con un peso de entre 250 a 300 gr, las cuales tuvieron un ayuno de 16 h previo al ensayo. Llevando a cabo todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con la NOM-062-Z00-1999 y el protocolo fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina, UAQ. Los sacos intestinales invertidos fueron incubados en el extracto intestinal a 37°C en agitación continua durante 2h y fueron removidos de la incubación a los 15,30 y 60 min. La fracción que permaneció dentro del saco intestinal fue denominada fracción digerible (FD) mientras que la fracción contenida en el recipiente después de haber retirado el saco fue denominada fracción no digerible (FND). El procedimiento se llevó a cabo de igual forma para el blanco utilizado, el cual fue agua destilada. Todos los experimentos fueron realizados por duplicado

2.5 Fermentación colónica *in vitro*

La fermentación colónica se llevó a cabo siguiendo la técnica adaptada por Campos-Vega et al. (2009). La FND proveniente de la fase de intestino fue sometida al proceso de fermentación colónica *in vitro*, para lo cual se mezcló con un cultivo basal y con inoculo fecal como fuente de microbiota colónica humana obtenido de dos voluntarios sanos. La mezcla homogeneizada fue incubada en baño de agua a 37°C y pH 7.0 La fermentación se llevó cabo a tres tiempos 6h, 12h y 24h, utilizando como control de sustrato fermentable la rafinosa. Una vez finalizado el periodo de fermentación, se llevó a cabo una centrifugación para separar sólidos de líquidos siendo considerado el sobrenadante como el extracto de fermentación, el cual fue almacenado a -70°C para su posterior identificación y cuantificación.

2.6 Identificación y cuantificación de metabolitos

Los metabolitos de los compuestos fenólicos proveniente de la digestión fueron identificados mediante un cromatógrafo líquido de alta resolución (UHPLC) acoplado a un detector de matriz de diodos (DAD) y un espectrómetro de masas (MS), utilizando estándares comerciales para su cuantificación.

2.6.1 Bioaccesibilidad

La bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos fue calculada mediante la siguiente ecuación $B = (Cf/C0)*100$, donde B se refiere al valor en porcentaje (%) de la bioaccesibilidad del compuesto bioactivo, C0 es la concentración inicial del compuesto en cada fase y tiempo de incubación determinado (15,30 y 60 min) y Cf es la concentración final del compuesto en la misma fase y tiempo de incubación (Agudelo et al.,2018).

2.6.2 Coeficiente de permeabilidad

Los coeficientes de permeabilidad aparente (Papp $x10^{-3}$cm/s) se calcularon conforme a la siguiente ecuación $Papp= (dQ/dt)(1/AC0)$, donde Papp es el coeficiente de permeabilidad aparente (cm/s), dQ/dt (mg/s) se refiere a la cantidad de compuesto bioactivo transportado a través de la membrana acorde a un tiempo determinado (15, 30 y 60 min). El radio de eflujo (ER) se calculó mediante la siguiente ecuación $ER = Papp,BL-AP/ Papp,AP-BL$, en donde Papp BL-AP se refiere a la permeabilidad del lado basolateral al apical (cm/s) y la Papp AP-BL es la permeabilidad del lado apical al basolateral (cm/s) (Agudelo et al.,2018).

2.7 Identificación y cuantificación de ácidos grasos de cadena corta

Mediante el análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas (CG-MS) se determinaron los AGCC obtenidos del proceso de fermentación colónica *in vitro*, para lo cual se siguió el método descrito por Zamora-Gasca et al. (2014). Se utilizó una fibra de microextracción en fase solida de polidimetilsiloxano-divinilbenceno-carboxeno de 2 cm, las condiciones de extracción utilizadas fueron 45°C, un periodo de incubación de 5 min, velocidad del agitador 250rpm y un tiempo de extracción de 120 min. La separación de la muestra se llevó a cabo mediante el uso de una columna capilar DB-FATWAX UI (30m, 0.25 mm, 0.25 µm) y se utilizó helio como gas portador. La cuantificación de las muestras se realizó a través de curvas de calibración de estándares comerciales de los ácidos acético, propiónico y butírico.

2.8 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante fue evaluada para el extracto de garambullo sin digerir como para las muestras de digestión y fermentación. Los métodos utilizados fueron ABTS, DPPH, FRAP y ORAC. Los resultados fueron expresados en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de muestra seca (µmol ET/g MS), utilizando curvas estándar de Trolox a diferentes concentraciones para su cuantificación.

2.9 Análisis estadístico

Los resultados son expresados como el promedio + desviación estándar de dos experimentos independientes. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para calcular las diferencias significativas, seguida de una prueba de Tukey como *post hoc* $p < 0.05$. Los análisis se realizaron con el programa estadístico JMP versión 7.0 (SAS Institute, INC).

3. Resultados y discusión

3.1 Identificación de compuestos bioactivos del garambullo

Se identificó la presencia de 9 familias de compuestos bioactivos, dentro de las flavanona se encontró la eriocitrina descrita por primera vez en garambullo. En la familia de isoflavonas se identificó el dihexósido de genisteína y dihexósido de daidzeína, ambos reportados por primera vez en garambullo. Dentro de los flavonoides se identificaron 15 compuestos, la mayoría como glucósidos, ramnósidos y rutinósidos de quercetina y kaempferol, lo que coincide con lo reportado por Montiel-Sánchez et al. (2020) en garambullo. Se identificaron dos betacianinas incluida la betanidina β-hexósido y la betanidina, así como dos betaxantinas, la indicaxantina y la miraxantina, ambas familias repostadas previamente por Montiel-Sánchez et al. (2020) en garambullo. Se identificaron 11 ácido hidroxicinámicos que incluían formas glucosiladas de ácido cafeico, felúrico y cumárico. Se encontró la presencia de 6 ácido hidroxibenzoico entre los que se encontró el ácido vaníllico, el ácido dihidroxibenzoico y 4 isómeros del ácido hidroxibenzoico en forma glucosilada. Respecto a los compuestos lipofílicos se detectó la presencia de 4 fitoesteroles que incluye al β-sitosterol, brasicasterol, colestanol y schottenol, y dos tocoferoles que incluían α- y β- tocoferol, dichos compuestos hasta el momento no habían sido reportados en garambullo

3.1.1 Cuantificación y bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos

El compuesto presente en mayor concentración en el garambullo no digerido fue la quercetina ramnosil-ramnosil-hexósido con un valor de 952.53 microgramo por gramo de materia seca (µg/g de MS), lo cual fue mayor a lo reportado por Montiel-Sánchez et al. (2020). Su bioaccesibilidad mostró una disminución en la fase de boca con un 13 % y estómago con un 10%; sin embargo, en la FD y la FND al min 15 presentó una mayor bioaccesibilidad con un 25.7% y 20.49%, respectivamente Esto nos indica resistencia a la degradación ácida del estómago, que posteriormente puede ser liberado de la matriz alimentaria en el colon y estar disponible para ser metabolizado por la microbiota colónica, ya que su forma glucosilada juega un papel de protección durante el proceso de digestión (Antunes-Ricardo et al.,2017). El segundo compuesto presente en mayor cantidad fue la betanidina β-hexósido con 833.70 µg/g

MS, lo que es similar a lo reportado por Montiel-Sánchez et al. (2020). En cuanto a su bioaccesibilidad presentó un porcentaje bajo en boca y estómago (8.21 y 4.16%, respectivamente), mientras que en la FND al min 15 mostró el mayor porcentaje (74.14 %). Esto indica que la betanidina β-hexósido puede llegar hasta el colon al presentar su mayor bioaccesibilidad en la FND, al ser resistente a las condiciones ácidas en la fase de estómago y presentando una mayor estabilidad en condiciones alcalinas. Dentro de las betaxantinas nuestros resultados muestran un valor mayor de indicaxantina de 121.74 μg/g MS, con una bioaccesibilidad mayor en boca respecto al estómago, en donde se observa 10.53% y un 2.64%, respectivamente. Mientras que existe un aumento en la FND a los 15 min con un 6.73% de bioaccesibilidad, que puede deberse a que las betaxantinas muestran una mayor estabilidad a un pH entre 4 y 7, permitiendo identificarlo en condiciones alcalinas de la FND. Dentro de los ácidos fenólicos el isómero ll del hexósido del ácido hidroxibenzoico mostró una concentración inicial en el garambullo no digerido de 45.91 μg/g de MS, su bioaccesibilidad fue significativamente aumentada en la FND al minuto 15 con un porcentaje de 1224.93%, lo que coincide con lo reportado en otras matrices alimentarias donde se ha observado que los ácidos fenólicos llegan a ser principalmente absorbidos en intestino delgado y el resto de ellos es modificado por la microbiota intestinal para ser posteriormente absorbidos en el colon (Crozier et al., 2010). Respecto a los compuestos no-polares presentes en garambullo no digerido, los fitoesteroles mostraron concentraciones en un rango de 0.01 a 0.08 μg/g MS, sin embargo, ninguno de estos compuestos fue detectado después de la digestión *in vitro*. Esto pudo ser debido al buffer utilizado el cual fue de carácter polar por lo que su bioaccesibilidad se vio comprometida al ser compuestos lipofílicos. Por otra parte, dentro de los tocoferoles presentes en el garambullo se encontraron en un rango de concentración de 0.25 a 0.53 μg/g MS. Respecto a su bioaccesibilidad esta fue mayor en boca con un 218% para el β-tocoferol y un 127% en el α-tocoferol, mostrando una disminución en la fase de estómago en donde presentaron un 90% y 70% de bioaccesibilidad respectivamente, mientras que en la FD a los 15 min mostraron una bioaccesibilidad del 43% (β-tocoferol) y 27% (α-tocoferol). Ambos compuestos no fueron detectados a los 30 y 60 min de la FD, así como en los tres tiempos dentro de la FND, lo cual pude ser debido a sus características hidrofóbicas, la exposición a enzimas digestivas y los cambios en el pH a lo largo del proceso digestivo (Hossain et al.,2018).

Tabla 1. Cuantificación y % de bioaccesibilidad de compuestos bioactivos liberados de garambullo, boca, estómago, FD y FND del proceso digestivo (15,30 y 60 min) por UPLC-ESI-QTOF-MS.

Familia	Nombre del Compuesto	Garambullo	Boca	Estómago	FD 15min	FD 30min	FD 60min	FND 15min	FND 30min	FND 60min
Flavanona	Eriocitrina*	1.34^{a}(100)±0.10	0.16^{b}(11.86)±0.0	0.12^{bc}(8.90)±0.0	ND	ND	ND	0.22b(16.22)±0.	0.17b(12.87)±0.	0.19b(14.05)±0.
Isoflavona	Dihexósido de genisteína Dihexósido de daidzeína	7.54^{a}(100)±0.48 0.62^{a}(100)±0.01	0.87^{c}(11.59)±00 6 0.12^{b}(20	0.70^{c}(9.23)±0.0 3 ND	0.46cd(6.12)±0. 03 ND	0.25cd(3.28)±0. 02 ND	ND ND	1.75b(23.27)±0. 12 ND	0.63cd(8.39)±0. 04 ND	ND ND
Flavonoide	Quercetina ramnosil-ramnosil-hexósido	952.53^{a}(100)±43.95 74.25^{a}(1	125.68^{cd}(13.19)±33.79 9.16^{b}(12	97.81^{d}(10.27)±0.49 6.71^{bc}(9.	244.85^{b}(25.70)±5.97 1.30d^{ef}(	ND 0.39^{ef}(0.53)±0.04 ND	0.28^{e}(0.03)±0.00 0.33^{d}(0.4	195.21b(20.49)±5.66 4.89cd(6.	195.21b(20.49)±5.66 4.89cd(6.	52.71e(5.53)±5.65 3.69cd(
Ácido Hidroxibe	Isomero ll del ácido	45.91^{a}(100)±1.4	262.05^{c}(570.75)	252.52^{c}(549.83)	220.42^{c}(480.08)	185.20^{cd}(403.38)	110.96^{de}(241.67)	562.40^{a}(1224.93	502.86^{a}(1095.26	382.54^{b}(833.19)
Ácido Hidroxicinamico	Hexósido del ácido cafeico Hexósido de ácido Feluríco	27.07^{a}(100)±1.13 45.20^{a}(1	5.89^{b}(21.74)±0.7 7 5.92^{bc}(1	3.55^{c}(13.11)±0.2 1 3.98^{bc}(d	1.51^{def}(5.58)±0.0 7 7.82^{b}(17	1.57^{d}(3.48)±0.0 2 0.87^{d}(12	1.33^{d}(2.95)±0.0 2 0.59^{ef}(8	6.24^{b}(23.05)±0.2 4 4.93bcd	2.75cd(10.14)±0.02 4 2.63cd(	0.36^{e}(7.57)±0.04 4 0.36^{e}(7
Betaciana	Betanidina β-hexosido (betanina)* Betanidina	833.70^{a}(100)±6.40 3.01^{a}(10	68.45^{c}(8.21)±0.52 0.26^{b}(8.	34.68^{cd}(4.16)±0.05 ND	5.69^{ef}(0.68)±0.2 6 ND	3.66^{ef}(0.44)±0.0 6 ND	1.77^{ef}(0.21)±0.0 3 ND	618.08^{b}(74.14)±0.60 ND	34.09^{cd}(4.09)±0.58 ND	22.04^{d}(2.64)±0.93 ND
Betaxantina	Prolina-betaxantina	121.74^{a}(100)±2.	12.82^{b}(1.53)±0.	3.21^{cd}(2.64)±0.0	ND	ND	ND	8.19^{e}(6.73)±0.8	2.37^{d}(1.95)±0.0	1.35^{d}(1.11)±0.0
Fitoesteroles	Beta-sitosterol* Colestanol	0.08^{a}(100)±0.00 0.01^{a}(10 0)±0.00	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND
Tocoferoles	Beta-Tocoferol Alpa-Tocoferol*	0.53^{a}(100)±0.00 0.28^{a}(100)±0.02	1.16^{a}(218.46)±0.12 0.35^{a}(12	0.48^{b}(90.29)±0.0 0 0.20^{c}(70	0.23^{c}(43.87)±0.0 0 0.08^{d}(27	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND	ND ND

Los datos se muestran como la media ± desviación estándar de dos repeticiones. Los resultados se expresan como μg/g. Los números entre paréntesis expresan bioaccesibilidad (%) ND: no detectado. *Identificación confirmada con estándares comerciales.

3.1.2 Coeficiente de permeabilidad aparente (Papp) y radio de eflujo (ER) durante la digestión *in vitro* del garambullo

Los resultados muestran una alta permeabilidad en las familias de polifenoles presentes en garambullo (Tabla 2) lo que indica una similitud con los modelos *in vivo* (Artursson et al.,2001). Las diferencias en la Papp observadas en cada una de las familias pueden deberse a las características estructurales de los compuestos fenólicos, lo cual se ha visto que puede intervenir en el grado de absorción por parte de las células intestinales (Hithamani et al., 2017). Sin embargo, los resultados muestran una tendencia a la disminución de Papp conforme el aumento del tiempo de incubación lo cual se ha reportado en frutos como la berry andina (Agudelo et al.,2018) mediante el uso del mismo modelo de digestión gastrointestinal *in vitro*.

Tabla 2. Coeficiente de permeabilidad aparente (Papp) y radio de eflujo (ER) de algunas familias de polifenoles del garambullo

Familia	Tiempo	Papp AP-BL ($x10^{-3}$)	Papp BL-AP($x10^{-3}$)	ER (AP-BL/BL-AP)
Isoflavona	15 30 60	2.92 ± 0.17^{a} 0.79 ± 0.06^{b} ND	11.21 ± 0.78^{b} 2.02 ± 0.13^{b} 111.60 ± 6.4	3.80 ± 0.042^{a} 2.57 ± 0.36^{b} ND
Flavanona	15 30 60	ND ND ND	8.10 ± 0.24^{a} 3.21 ± 0.094^{b} 1.75 ± 0.033^{c}	ND ND ND
Flavonoide	15 30 60	4.96 ± 5.47^{a} 0.10 ± 0.002^{a} 0.05 ± 0.0001^{a}	8.00 ± 0.038^{a} 1.57 ± 0.15^{c} 3.67 ± 0.11^{b}	4.13 ± 4.59^{b} 15.73 ± 1.15^{b} 75.63 ± 2.12^{a}
Ácido hidroxibenzoico	15 30 60	2.77 ± 0.027^{a} 1.16 ± 0.001^{b} 0.35 ± 0.015^{c}	12.90 ± 0.96^{a} 3.53 ± 0.12^{b} 0.02 ± 0.0002^{c}	4.66 ± 0.30^{a} 3.03 ± 0.10^{b} 0.05 ± 0.00^{c}
Ácido hidroxicinamico	15 30 60	4.00 ± 0.2^{a} 0.65 ± 0.02^{b} 0.25 ± 0.002^{b}	7.50 ± 0.1^{a} 1.50 ± 0.01^{c} 2.00 ± 0.08^{b}	1.89 ± 0.16^{b} 2.33 ± 0.05^{b} 7.94 ± 0.42^{a}
Betacianina	15 30 60	0.72 ± 0.03^{a} 0.23 ± 0.004^{b} 0.06 ± 0.0006^{c}	43.55 ± 50^{a} 2.18 ± 0.03^{a} 0.04 ± 0.002^{a}	61.39 ± 71.90^{a} 9.32 ± 0.00^{a} 0.76 ± 0.04^{a}
Betaxantina	15 30 60	ND ND ND	11.3 ± 1.00^{a} 1.60 ± 0.03^{b} ND	ND ND ND

Los datos se muestran como la media de dos repeticiones. Papp AP-BL: transporte de compuestos bioactivos del lado apical al basolateral. Papp BL-AP: transporte de compuestos bioactivos del lado basolateral al apical. Los resultados son expresados en cm/s. Diferentes letras muestran una diferencia significativa. (ANOVA, prueba post hoc de Tukey $p<0.05$) entre cada uno de los tiempos de digestión. ND (no detectado)

El radio de eflujo (ER) predice el tipo de transporte por el cual se pueden absorber los compuestos ya sea pasivo o activo. Los resultados obtenidos muestran que el transporte activo es el principal mecanismo por el cual los compuestos bioactivos del garambullo pueden ser absorbidos, asociados transportadores de eflujo como las Pglicoproteínas (P-gp) o las proteínas de resistencia a múltiples fármacos (MDRP) (Hithamani et al., 2017).

3.2 Fermentación colónica

3.2.1 Valores de pH

Durante la fermentación colónica *in vitro* se evaluaron los cambios en el pH a lo largo de los tiempos de fermentación (Tabla 3). En la muestra correspondiente a la fracción no-digerible fermentada de garambullo (FNDFG) se observaron diferencias estadísticamente significativas al haber una disminución en el pH a las 6 h (pH 6.9) respecto a las 24 h (pH 7.3) donde el pH aumentó. Esto coincide con lo reportado por Agudelo et al. (2018) en la fracción fermentada no-digerible del jugo de bayas andinas. Se ha reportado que a pH menores a 5.7 existe una disminución en la producción de ácido acético y propiónico debido a una disminución en el crecimiento de *Bacteroidetes* las cuales son las principales productoras de ambos metabolitos, ocasionando a su vez un aumento de *Firmicutes* permitiendo una mayor producción de ácido butírico (Louis & Flint, 2016), lo que coincide con las concentraciones de AGCC descritas en la Tabla 3. Así mismo, estos resultados nos indican que las muestras fecales utilizadas en el modelo de fermentación colónica in vitro son una fuente de microbiota de origen natural (Agudelo et al., 2018).

Tabla 3. Valores del pH durante los tiempos de fermentación colónica *in vitro* de la FNDFG

Muestra	0h	6h	12h	24h
FNDFG	7.20 ± 0.02^{aAB}	6.90 ± 0.01^{aC}	7.02 ± 0.06^{aBC}	7.30 ± 0.09^{aA}
Control	7.20 ± 0.01^{aA}	5.75 ± 0.04^{bC}	6.27 ± 0.17^{bB}	$6.83\ 0.09^{bA}$
Blanco	7.26 ± 0.12^{aAB}	7.01 ± 0.04^{aB}	7.13 ± 0.04^{aAB}	7.44 ± 0.00^{aA}

Los datos se muestran como la media ± desviación estándar de dos repeticiones. Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre filas y las letras minúsculas entre columnas (ANOVA, prueba post hoc de Tukey $p<0.05$). Control (rafinosa).

3.2.2 Identificación de ácidos grasos de cadena corta

Durante el proceso de fermentación *in vitro* de la FNDFG se encontró la presencia de ácido acético, propiónico y butírico (Tabla 4). El ácido acético y propiónico no mostraron diferencia significativa en cuanto a su concentración entre los tiempos de fermentación lo cual ha sido previamente reportado (Harries et al., 2020). En cuanto al ácido butírico, este presentó una mayor concentración a las 24 h de fermentación (11.37 mmol/L). El aumento en la concentración de ácido butírico ha sido reportado por Liu et al. (2021) en muestras fecales de ratas alimentadas con baya de aronia lo cual asociaron a las características de la matriz alimentaria de la baya, debido a que ocasionó un cambio en el catabolismo microbiano de succinato y piruvato a ácido butírico. De tal manera que el aumento en el ácido butírico a las 24 h observado en la FNDFG puede indicar no solo posibles modificaciones en el catabolismo microbiano, sino que también cambios en la diversidad microbiana debido a que en frutos como la pitaya se ha reportado que a las 24 h de fermentación existe un aumento en el número de *bifidobacterias* y *lactobacillus* (Liu et al., 2021). Los resultados obtenidos de la fermentación colónica *in vitro* indican que los polisacáridos no digeribles presentes en el garambullo permitieron la generación de AGCC los cuales se conoce contribuyen a la salud del colon debido a que permiten la homeostasis de mucosa intestinal en el desarrollo del sistema inmune, así como en el metabolismo, diferenciación y crecimiento de las células epiteliales y en la modulación de la microbiota colónica (Swallah et al., 2020).

3.3 Capacidad antioxidante

El garambullo sin digerir presentó la mayor CA respecto a la fracción digerida tanto en ABTS (23562.03 µmol ET/g MS), DPPH (29826.10 µmol ET/g MS), ORAC (1227.78 µmol ET/g MS) y FRAP (1284 µmol ET/g MS) (Gráfica 1). Esto puede ser debido a que el garambullo no-digerido presenta una mayor cantidad de compuestos bioactivos, mismos que aún no sufren modificaciones químicas respecto a la fracción digerida. En comparación a otros berries la CA presente en garambullo fue mayor. Baenas et al (2020) reportan para Andean blueberry 278 µmol ET/g MS por ABTS, 85.1 µmol ET/g MS por DPPH y 402.2 µmol ET/g MS por ORAC. Respecto a la CA observada en la digestión gastrointestinal del garambullo en los ensayos con ABTS, DPPH y FRAP se puede observar que es mayor en boca con valores entre 631.21- 872.91 µmol ET/g MS y en estómago de 494.92-942.05µmol ET/g MS respecto la fase intestinal, en donde se presenta una disminución en la CA con valores entre 90.94-507.70 µmol ET/g MS. No se encontraron diferencias significativas entre la FD y la FND, así como entre los tiempos de incubación de cada fracción.

Tabla 4. Concentración de ácidos grasos de cadena corta (AGCC, mmol/L) durante los tiempos de fermentación colónica *in vitro* de la FNDFG

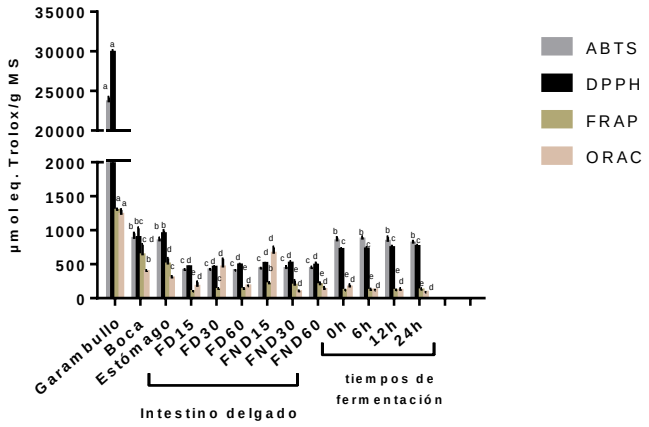
Muestra	Á. ACÉTICO	Á. PROPIÓNICO	Á. BUTÍRICO
FNDFG			
0h	ND	ND	ND
6h	3.51 ± 3.12^{aA}	4.53 ± 2.69^{bA}	4.08 ± 3.45^{bA}
12h	ND	ND	4.12 ± 0.55^{b}
24h	2.73 ± 0.15^{aB}	4.87 ± 1.11^{bB}	11.37 ± 0.64^{aA}
CONTROL			
0h	ND	ND	ND
6h	3.29 ± 0.31^{aC}	13.19 ± 0.35^{aA}	7.24 ± 0.27^{abB}
12h	2.02 ± 1.31^{aA}	4.47 ± 1.05^{bA}	6.30 ± 0.61^{abA}
24h	1.30 ± 0.08^{aB}	6.12 ± 2.05^{bAB}	12.68 ± 2.23^{aA}

Los datos se muestran como la media ± desviación estándar de dos repeticiones. Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre filas y las letras minúsculas entre columnas (ANOVA, prueba post hoc de Tukey $p<0.05$). Control (rafinosa). Se utilizó 100 mg de sólido y 100 µL de líquido de FNDFG para el proceso de fermentación. ND (no detectado).

La disminución observada en la fase intestinal coincide con lo observado en frutos de características similares como la ciruela, arándano, mora, fresa, frambuesa, sugiriendo que el pH alcalino afecta la bioaccesibilidad de algunos compuestos bioactivos al modificar su estructura, lo que permite la formación de complejos con constituyentes de la matriz alimentaria. Por otra parte, la CA medida por ABTS

y DPPH en la fermentación colónica fue mayor respecto a la CA observada en la fase intestinal, lo cual puede ser debido a que los compuestos bioactivos sometidos al proceso de fermentación colónica son metabolizados por la microbiota colónica favoreciendo su bioaccesibilidad y permitiendo a su vez la generación de metabolitos secundarios que incluso pueden presentar una mayor CA en comparación a los compuestos originales (Wojtunik-Kulesza et al., 2020). En cuanto a la CA mediante ORAC y FRAP no se encontraron diferencias significativas en la fase de fermentación respecto a la fase intestinal lo que nos puede indicar que los compuestos bioactivos que presentan actividad antioxidante mediante el método de ABTS y DPPH no son los mismos que acceden a los métodos de CA medida por ORAC y FRAP (Barros et al., 2020). Sin embargo, los valores de CA de la fermentación del fruto de garambullo evaluada mediante los cuatro métodos son mayores a los encontrados en un fruto de características similares como la fresa (14 -100 µmol ET/g) durante un proceso de fermentación in vitro (Barros et al., 2020), y a su vez son valores similares a los reportados por Campos-Vega et al. (2015) (857-938 µmol ET/g en DPPH y 302-390 µmol ET/g en ABTS) en el café tostado mediante la misma metodología.

Grafica 1. Capacidad antioxidante de la digestión gastrointestinal y fermentación colónica *in vitro* del garambullo



Los datos se muestran como la media ± desviación estándar por triplicado. Los resultados son expresados en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de muestra seca (µmol ET/g MS). Diferentes letras muestran una diferencia significativa (ANOVA, prueba post hoc de Tukey $p<0.05$) entre el garambullo sin digerir y cada una de las fases y tiempos tanto de digestión como de fermentación colónica.

4. Conclusión

Los compuestos que se presentaron en mayor concentración en el extracto de garambullo fueron la quercetina ramnosil-ramnosil-hexósido y la betanidina β-hexósido, mientras que compuestos como la eriocitrina, dihexósido de genisteína y dihexósido de daidzeína fueron identificados por primera vez en garambullo. En cuanto a la bioaccesibilidad, la quercetina ramnosil-ramnosil-hexósido, betanidina β-hexósido, el isómero ll del hexósido del ácido hidroxibenzoico y el dihexósido de genisteína presentaron una mayor bioaccesibilidad en la fase intestinal principalmente en la FND, mientras que en los compuestos restantes su bioaccesibilidad se presentó en un orden mayoritario en boca, seguido de una disminución en estómago y finalmente en intestino. Las diferencias en la bioaccesibilidad por parte de los compuestos bioactivos del garambullo fueron explicadas mediante los cambios en el pH que se presentan en cada fase debido a que ocasiona una modulación en la liberación de los compuestos de su matriz alimentaria del garambullo. Dentro de la fase intestinal se determinó que las familias de polifenoles del garambullo presentan una alta permeabilidad, la cual disminuye conforme el aumento del tiempo de incubación, siendo el transporte activo el principal mecanismo por el cual los compuestos bioactivos del garambullo pueden ser absorbidos.

La capacidad antioxidante evaluada mediante ABTS, DPPH, ORAC y FRAP fue mayor en el garambullo no-digerido, seguido de la fase de boca, estómago, colon y finalmente intestino delgado donde se presentó la menor CA. El aumento en la CA en la fermentación colónica indica que los compuestos bioactivos presenten en el garambullo pueden ser metabolizados por la microbiota permitiendo la formación de metabolitos secundaros que contribuyen al aumento de la capacidad antioxidante en el colon, por lo que sería recomendable llevar a cabo un estudio metabolómico del extracto de fermentación colónica del garambullo.

Respecto a la fermentación colónica *in vitro* del garambullo se identificó la presencia de ácido acético, propiónico y butírico a las 6, 12 y 24 h de fermentación. El ácido butírico fue el compuesto que se presentó en una mayor concentración a las 12 h de fermentación, seguido del ácido propiónico y el ácido acético. Esto concuerda con los valores de pH observados durante los tiempos de fermentación en donde a las 6h se presentó una disminución en el pH, lo cual está asociado a un aumento en la producción de ácido acético y propiónico; mientras que a las 24h se observó un aumento en los valores de pH, lo que indica menor producción de ácido acético y mayor de ácido butírico.

Por lo tanto, el modelo de digestión *in vitro* y fermentación colónica utilizado en este trabajo permitió la liberación progresiva de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante presentes en el garambullo, así como la producción de ácido acético, propiónico y butírico el cual presentó la mayor concentración. Debido a que los modelos *in vitro* son una herramienta que simula lo que puede ocurrir en el organismo humano, podemos inferir que el consumo del fruto de garambullo puede contribuir a la salud intestinal y del colon, sin embargo, son necesarios estudios *in vivo*.

5. Referencias

Agudelo, C.D., Luzardo-Ocampo, I., Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., y Maldonado, M. 2018. Bioaccessibility during in vitro digestion and antiproliferative effect of bioactive compounds from Andean berry (Vaccinium meridionale Swartz) juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1-39. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01604.

Antunes-Ricardo, M., Rodriguez-Rodriguez, C., Gutiérrez-Uribe, J.A., Cepeda-Cañedo, E., Serna-Saldívar, O. 2017. Bioaccessibility, Intestinal Permeability and Plasma Stability of Isorhamnetin Glycosides from Opuntia ficus-indica (L.), International Journal of Molecular Sciences, 18, 1-15, https://doi.org/ 10.3390/ijms18081816.

Artursson, P, Palm, K. y Luthman, K. 2001. Caco-2 monolayers in experimental and theoretical predictions of drug transpor. Advanced Drug Delivery Reviews, 46, 27-43, http://dx.doi.org/ 10.1016/s0169-409x(00)00128-9

Baenas, N., Ruales, J., Moreno, D.A., Barrio, D.A., Stinco, C.M., Martinez-Cifuentes, G., Meléndez-Martinez, A. y García-Ruiz, A. 2020. Characterization of Andean Blueberry in Bioactive Compounds, Evaluation of Biological Properties, and In Vitro Bioaccessibility. Foods, 9, 1-16, https://doi.org/10.3390/foods9101483.

Barros, R.G.C., Pereira, U.C., Andrade, J.K.S., Santos de Olivera, C., Vasconcelos, S.V. y Narain, N. 2020. In vitro gastrointestinal digestion and probiotics fermentation impact on bioaccessbility of phenolics compounds and antioxidant capacity of some native and exotic fruit residues with potential antidiabetic effects. Food Research International, 136, 1-14, http://dx.doi.org/ 10.1016/j.foodres.2020.109614.

Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosta-Gallegos, J. A., Guzman-Maldonado, S. H., Paredes-Lopez, O. y Loarca-Piña, G. 2009. Chemical composition and in vitro polysaccharide fermentation of different beans (Phaseolus vulgaris L.). Journal of Food Science, 74(7): T59–T65. http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01292.x.

Campos-Vega, R., Vázquez-Sánchez, K., López-Barrera, D., Loarca-Piña, G., Mendoza-Díaz, S., y Oomah, B. D. 2015. Simulated gastro-intestinal digestion and in vitro colonic fermentation of spent coffee (Coffea arabica L.): bioaccessibility and intestinal permeability. Food Research International, 2-29. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.024

Crozier, A., Del Rio, D. & Clifford, M.N. 2010. Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. Molecular Aspects of Medicine, 31, 446-467, http://dx.doi.org/10.1016/j.mam.2010.09.007.

Guzmán-Maldonado, S., Herrera-Hernández, G., Hernández-López, D., Reynoso-Camacho, R., Guzmán-Tovar, A., Vaillant, F., & Brat, P. 2010. Pysicochemical, nutritional, and functional characteristics of two underutilised frui cactus species (Myrtillocactus) produced in central Mexico. Food Chemistry, 121(2): 381-386, https://doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.039.

Harries, H. C., Morrison, D.J. y Edwards, C. A. 2020. Impact of the source of fermentable carbohydrate on SCFA production by human gut microbiota in vitro - a systematic scoping review and secondary análisis. Critical reviews in food science and nutrition, 1-13, https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1809991.

Hithamani, G., Kizhakayil, D. y Srinivasan, K. 2017. Uptake of phenolic compounds from plant foods in human intestinal Caco-2 cells. Journal Bioscience, 42:4, 603-611, https://doi.org/ 10.1007/s12038-017-9705-6.

Hossain, A y Jayadeep, A. 2018. Determination of tocopherol and tocotrienol contents in maize by in vitro digestion and chemical methods. Journal of cereal Science, 1- 25, https://doi: 10.1016/j.jcs.2018.08.003.

Liu, X., Martin, D.A., Valdez, J.C., Sudakaran, S., Rey, F. y Bolling, B.W. 2021. Aronia berry polyphenols have matrix-

dependent effects on the gut microbiota. Food Chemistry, 359, 1-10, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129831

Louis, P. & Flint C. 2016. Formation of propionate and butyrate by the human colonic microbiota. Environmental Microbiology, 19:1, 29-41. http://dx.doi.org/ 10.1111/1462-2920.13589

Montiel-Sánchez, M., García-Cayuela, T., Gómez-Maqueo, A., García, H.S., y Cano, P.C. 2020. In vitro gastrointestinal stability, bioaccessibility and potential biological activities of betalains and phenolic compounds in cactus berry fruits (Myrtillocactus geometrizans). Food chemistry, 342. 1-42, https:// doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128087.

Ramírez-Rodríguez, Y., Martínez-Huélamo, M., Pedraza-Cheverri, J., Ramírez, V., Martínez-Tagueña, N. y Tujillo, J.2020. Ethnobotanical, nutritional and medicinal properties of Mexican drylands Cactaceae Fruits: Recent findings and research opportunities. Food Chemistry, 312, 126073- 126086.

Reynoso-Camacho, R., Rodríguez- Villanueva, L.D., Sotelo-González, A.M., Ramos-Gómez, M. y Pérez-Ramírez I.F. 2021. Citrus decoction by-product represents a rich source of carotenoid, phytosterol, extractable and non-extractable polyphenols. Food Chemistry, 350, 1-14, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129239

Swallah, M. S., Fu, H., Sun, H., Affoh, R. y Yu, H. 2020. The Impact of Polyphenol on General Nutrient Metabolism in the Monogastric Gastrointestinal Tract.Journal of Food Quality. 20, 1-12, https://doi.org/10.1155/2020/5952834.

Wojtunik-Kulesza, K., Oniszczuk, A., Oniszczuk, T., Combrzyński, M., Nowakowska, D. y Matwijczuk, A. 2020. Influence of In Vitro Digestion on Composition, Bioaccessibility and Antioxidant Activity of Food Polyphenols—A Non-Systematic Review. Nutrients, 12: 1401, 2-29, https://doi.org/ 10.3390/nu12051401

Zamora-Gasca, V. M., Loarca-Piña, G., Vázquez-Landaverde, P. A., Ortiz-Basurto, R. I., Tovar, J. y Sáyago-Ayerdi, S.G. 2014. In vitro colonic fermentation of food ingredients isolated from Agave tequilana Weber var. azul applied on granola bars. Food Science and Technology, 60, 766-772, http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.032

Identificación de Biomarcadores en Síndrome Metabólico mediante Espectroscopia Raman

Soto Ontiveros Valeria Jacqueline[1], Ramírez Elías Miguel Ghebre[2], Donjuán Loredo Guadalupe[3], León Bejarano Maritza Fabiola[2] y Espinosa Tanguma Ricardo[3].

1. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro; vsoto20@alumnos.uaq.mx.

2. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí; miguel.ghebre@uaslp.mx.

3. Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.

Resumen

La espectroscopia Raman ha demostrado ser una herramienta valiosa para la detección de biomarcadores de manera no invasiva. Con el objetivo de identificar posibles biomarcadores en Síndrome Metabólico (SM) y generar las bases de un modelo diagnostico estandarizado y de fácil procesamiento, se propuso el uso de la espectroscopia Raman. Se tomaron mediciones Raman de dos grupos de ratas, uno control y otro con SM y se procesaron informáticamente, aunado a un Análisis de Componentes Principales (ACP). Resultando que los espectros Raman obtenidos de cada grupo eran diferentes entre sí y presentaban picos característicos. Así pues, identificando las moléculas asociadas a cada espectro en cada condición se puede establecer en un futuro un método diagnostico exitoso.

Palabras clave: Biomarcador, Espectroscopia Raman, Síndrome Metabólico, Análisis de Componentes Principales.

Abstract

Raman spectroscopy has proven to be a valuable tool for the non-invasive detection of biomarkers. In order to identify possible biomarkers in Metabolic Syndrome and to generate the basis for a standardized and easy to process diagnostic model, the use of Raman spectroscopy was proposed. Raman measurements were taken from two groups of rats, one control and the other with MS (MS) and were computer processed, together with a Principal Component Analysis (PCA). It turned out that the Raman spectra obtained from each group were different from each other and presented characteristic peaks. Thus, by identifying the molecules associated with each spectrum in each condition, a successful diagnostic method can be established in the future.

Keywords: Biomarker, Raman Spectroscopy, Metabolic Syndrome, Principal Components Analysis.

Introducción

El Síndrome Metabólico (SM) es definido por un conjunto de desórdenes metabólicos (Tabla 1). El grado de prevalencia en la población varía en función de los criterios utilizados para la definición del SM; se calcula que alrededor del 20-45% de la población adulta mundial padece SM y la prevalencia es mucho mayor entre las mujeres que entre los hombres [1, 2].

Los problemas de salud asociados al SM son una mayor incidencia en obesidad, diabetes tipo 2 (hasta 5 veces más riesgo), hipertensión y dislipidemias. Además, las personas con SM tienen el doble de probabilidades de morir y el triple de probabilidades de sufrir un infarto o un ictus en comparación con las personas que no padecen el síndrome [2, 3].

Recientemente se ha generado gran interés por encontrar metodologías que permitan la detección de biomarcadores de manera no invasiva para el diagnóstico temprano de enfermedades, para esto se ha propuesto el uso de la espectroscopia Raman, la cual presenta numerosas ventajas con respecto a otros métodos de detección: mantiene la composi-

Tabla 1. Definición de Síndrome Metabólico

Factor de riesgo	Definición del nivel
Obesidad abdominal	Cintura >94 cm (hombre) Cintura >80 cm (mujer)
Triglicéridos	>150 mg/dL
Colesterol HDL	<40 mg/dL (hombre) <50 mg/dL (mujer)
Presión arterial	≥130/≥85 mm Hg
Glucosa en ayunas	≥100 mg/dL

De acuerdo a los factores establecidos por la Federación Internacional de Diabetes (IDF). HDL: Lipoproteínas de Alta Densidad [2].

ción química y estructural de la muestra (es decir, no la destruye), no se requiere de preparación previa de la misma, permite análisis *in vivo*, así como *in situ* y es altamente sensible a pequeños cambios en la composición de la muestra [4, 5].

El objetivo del presente trabajo fue identificar posibles biomarcadores de SM en piel de modelos murinos haciendo uso de la espectroscopia Raman para generar las bases de un modelo diagnóstico económico, de fácil procesamiento y que permita estandarizar a nivel mundial el diagnóstico de SM.

Marco teórico

A. Espectroscopia Raman

Cuando una muestra es iluminada con una fuente de luz, los fotones incidentes se absorben o dispersan. Si se absorben, la energía del fotón se transfiere a las moléculas; si se dispersan y la energía se conserva se denomina dispersión elástica, mientras que si el fotón dispersado presenta un ligero cambio de energía se denomina dispersión inelástica (1 de cada 10 000 millones de fotones pueden presentar este tipo). Esta pequeña diferencia de energía entre el fotón incidente y el fotón dispersado es el efecto Raman, el cual proporciona información a nivel molecular, ya que los fotones interactúan con las moléculas de una muestra produciendo diferentes estados vibracionales moleculares característicos que permiten obtener un espectro único para una muestra, también conocida como "huella digital" (Figura 1) [4].

Metodología

A. Modelos animales

Se utilizaron ratas macho Wistar de veintiocho semanas de edad, mantenidas individualmente en jaulas de plástico transparente, a 23±1 °C con 12:12 h luz oscuridad, con comida y agua ad libitum. Las ratas control fueron alimentadas con una dieta estándar (LabDiet 5001) y las ratas con síndrome metabólico con una dieta alta en grasas (LabDiet Rodent 5001 con un 40.0% de grasa adicional). Previo a las mediciones Raman la piel del abdomen de las ratas donde se realizó la medición se rasuró y limpió.

B. Mediciones Raman

Los espectros Raman se adquirieron utilizando un sistema Raman portátil (PeakSeeker, Agiltron Inc.) (Figura 2 a) con un rayo láser de 785 nm y 90 mW. Se colocó la sonda Raman con los parámetros anteriores ya establecidos sobre el abdomen de las ratas (Figura 2 b) y se recogieron cinco escaneos con una resolución de 10 cm-1 para cada muestra, con un tiempo de exposición total de 15 s. La adquisición del espectro Raman de la piel se hizo por triplicado. Todas las mediciones Raman se realizaron en las mismas condiciones experimentales. Los espectros promedio adquiridos de cada animal se procesaron para eliminar el fondo de auto fluorescencia utilizando un algoritmo de ajuste polinómico iterativo [6]. Cada espectro Raman medido se estandarizó para tener un área unitaria bajo la curva.

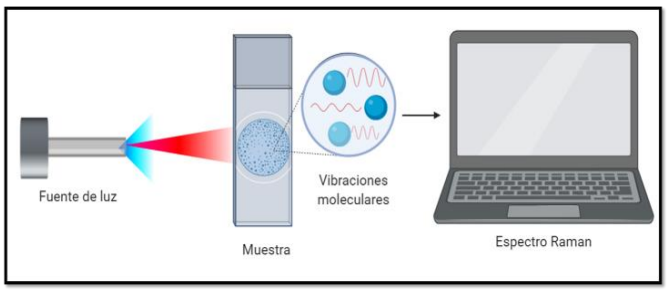


Fig. 1. Metodología de la espectroscopia Raman [4].



a) b)

Fig. 2. a) Equipo Raman portátil. b) Toma de espectros Raman.

C. Análisis de Componentes Principales

Todos los espectros Raman de piel se evaluaron mediante el análisis de componentes principales (ACP). El número de componentes principales a retener se determinó en base a la varianza acumulada explicada por los componentes principales [7].

Resultados y discusión

Los espectros Raman promedio obtenidos a través del procesamiento y agrupación de los espectros individuales de cada grupo se muestran en la Figura 3. Al comparar los espectros obtenidos podemos observar que existen diferencias evidentes entre picos del grupo control (negro) y del grupo con SM (rojo); por ejemplo, en el grupo control el pico adyacente al desplazamiento Raman de 1700 cm-1 es seguido por uno de aproximadamente un tercio de su intensidad, mientras que en el grupo con SM estos dos picos tienen una intensidad Raman similar.

Aplicar la técnica de ACP nos permitió reducir la dimensionalidad de los datos e identificar de

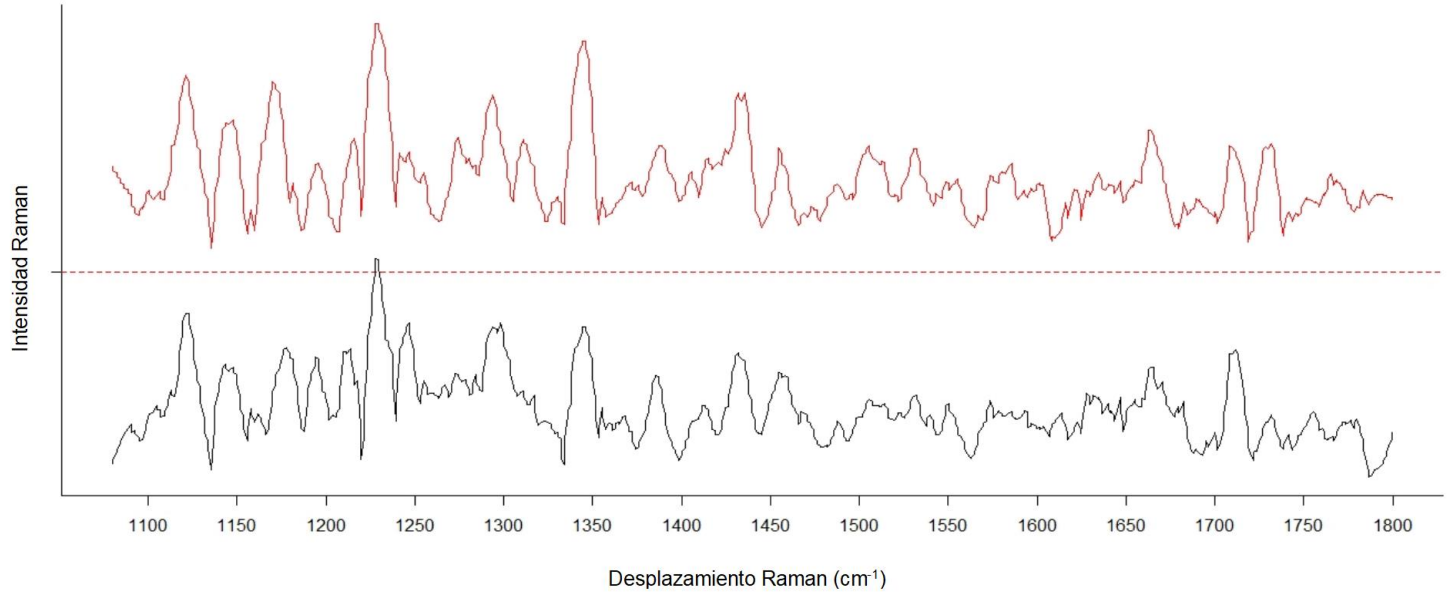


Fig. 3. Espectros Raman medios de piel para los grupos de ratas control (negro) y con síndrome metabólico (rojo), en el rango de 1080 a 1800 cm^{-1}.

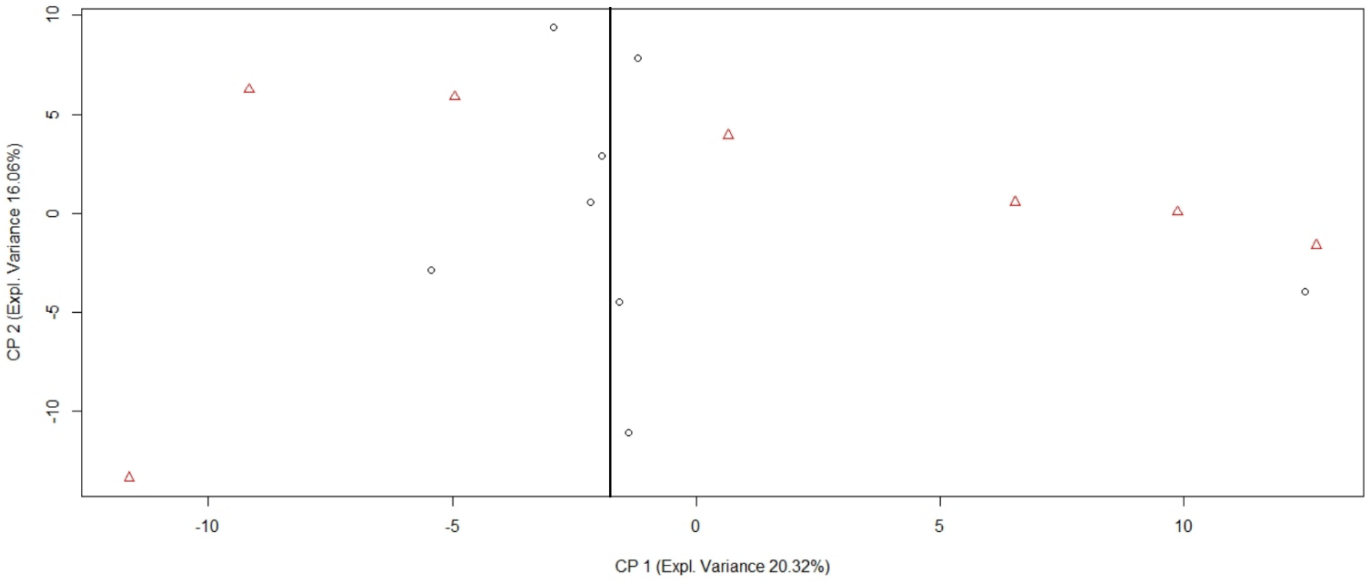


Fig. 4. Resultado del ACP: gráfica de las puntuaciones 1 y 2 compradas entre sí. o Grupo Control; ∆ Grupo Síndrome Metabólico.

manera más sencilla los cambios entre los grupos. Tras el ACP de los datos procesados y normalizados, se encontró que la combinación de los dos primeros Componentes Principales (CP) fue la que presento una mejor separación de los datos y en conjunto explican el 36.38% de la varianza total.

El gráfico de puntuaciones resultante de CP1 frente a CP2 (Figura 4) mostró la separación entre los dos grupos. El grupo control (círculos de color negro) resultó ser un grupo más homogéneo que se dispersó principalmente de manera vertical sobre el valor aproximado de -2; por su lado el grupo de SM (triángulos de color rojo) fue un grupo más heterogéneo disperso tanto de manera negativa y positiva alrededor del grupo control.

La dispersión del grupo SM hacia negativos y positivos nos indican que probablemente dentro del síndrome pueden existir dos diferentes desordenes metabólicos al verse involucradas diferentes moléculas, un conjunto de moléculas para los que se dispersaron de manera negativa y otro conjunto para aquellas que se dispersaron de manera positiva.

Conclusiones

La información obtenida a través de los espectros y el ACP nos muestra que existen diferencias moleculares entre los grupos control y con Síndrome Metabólico, confirmando el potencial del uso de la espectroscopia Raman como herramienta de diagnóstico tras la estandarización de la metodología, la identificación y caracterización de picos representativos, y la identificación de las moléculas a las cuales se encuentran asociados.

La identificación y caracterización de picos representativos de cada grupo (llevando a cabo estudios más detallados) nos permitirá en un futuro cercano diagnosticar a los pacientes con SM con una mayor certeza y confiabilidad.

Agradecimientos

Quisiera agradecer al Dr. Miguel G. Ramírez Elías por recibirme como estudiante de verano y compartirme de sus proyectos de investigación, así como por las atenciones y tiempo brindado. También me gustaría agradecer a la Dra. Maritza Fabiola León Bejarano y a la Dra. Guadalupe Donjuán Loredo por sus atenciones y disposición a compartir sus conocimientos. Finalmente, también agradezco al Verano de la Ciencia 2021.

Referencias bibliográficas

[1] Engin, A. B., & Engin, A. (Eds.). (2017). Obesity and Lipotoxicity. Advances in Experimental Medicine and Biology. Published. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48382-5

[2] International Diabetes Federation. (2006). The IDF consensus worldwide definition of the Metabolic Sindrome. https://www.idf.org/e-library/consensus-statements/60-idfconsensus-worldwide-definitionof-the-metabolic-syndrome.html

[3] Saklayen, M. G. (2018). The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. Current Hypertension Reports, 20(2). https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z

[4] Donjuán-Loredo, G. E. & Ramírez-Elías, M. G. (2021). El efecto Raman: descubrimiento y aplicaciones en el diagnóstico médico. Universitarios Potosinos, 257, 10–15. http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Diecisiete/257/257-03.pdf

[5] Ramírez-Elías, M. G., & González, F. J. (2018). Raman Spectroscopy for In Vivo Medical Diagnosis. Raman Spectroscopy. Published. https://doi.org/10.5772/intechopen.72933

[6] Zhao, J., Lui, H., McLean, D. I., & Zeng, H. (2007). Automated Autofluorescence Background Subtraction Algorithm for Biomedical Raman Spectroscopy. Applied Spectroscopy, 61(11), 1225–1232. https://doi.org/10.1366/000370207782597003

[7] Jolliffe, I. T. (2006). Principal Component Analysis. Springer Publishing.

Obesidad central por ICE en escolares y TA elevada

Autor: Lilia Maribel Tapia González, residente de Medicina Familiar. Unidad de adscripción: UMF 16, Santiago de Querétaro, Querétaro. Matrícula: 99239835 Celular: 3313403660. Correo electrónico: mcpa.liliatapia@gmail.com
Asesor: Manuel Enrique Herrera Ávalos, Especialista en Medicina Familiar. Matrícula: 99175412. Celular: 442 332 6428. Correo electrónico: drmanuelenriqueh@hotmail.com

Resumen. Antecedentes. En la obesidad, la grasa visceral presenta mayor actividad metabólica que puede causar tensión arterial elevada, la cual tiene sus orígenes en la infancia. Estudios recientes en México demuestran que el índice cintura-estatura (ICE) es el mejor marcador para diagnosticar obesidad central en niños. **Objetivo.** Determinar la asociación entre obesidad central en escolares y cifras de tensión arterial elevada en una Unidad de Medicina Familiar. **Material y métodos.** Estudio de asociación, realizado en julio de 2021 en escolares de 6 a 11 años. Se determinó obesidad por ICE, y cifras de tensión arterial. Se establecieron dos grupos de escolares de 73 y 75 participantes, seleccionados por muestreo no aleatorio/no probabilístico por conveniencia. Se estudiaron variables sociodemográficas y antropométricas. Se empleó estadística descriptiva, t de student, X^2 y razón de momios. **Resultados.** Se encontró asociación entre presencia de obesidad central y TA elevada en escolares, con Chi^2 de 37.504, valor de p de 0.000, OR de 11.126. Además, se encontró asociación de TA elevada y sexo femenino, con valor de p de 0.031, y asociación entre acudir a escuela pública con obesidad central, valor de p de 0.001. **Conclusiones.** Hay una fuerte asociación entre presencia de obesidad central por ICE y cifras de TA elevada en escolares. Ser niña en edad escolar se asocia 2.171 veces más para presentar TA elevada. Acudir a escuela privada es factor protector para presentar obesidad central.

Palabras Clave. Obesidad, Obesidad central, Índice cintura-estatura, tensión arterial elevada, escolares.

Summary. Background. In obesity, visceral fat has increased metabolic activity that can cause high blood pressure, which has its origins in childhood. Recent studies in Mexico show that the waist-height index (ICE) is the best marker to diagnose central obesity in children. **Objective.** To determine the association between central obesity in schoolchildren and high blood pressure figures in a Family Medicine Unit. **Material and methods.** Association study, carried out in July 2021 in schoolchildren aged 6 to 11 years. Obesity was determined by ICE, and blood pressure figures. Two groups of schoolchildren of 73 and 75 participants were established, selected by non-random / non-probability sampling for convenience. Sociodemographic and anthropometric variables were studied. Descriptive statistics, student's t, X^2 and odds ratio were used. **Results.** An association was found between the presence of central obesity and elevated BP in schoolchildren, with a Chi^2 of 37,504, a p value of 0,000, and an OR of 11,126. In addition, an association between high BP and female sex was found, with a p value of 0.031, and an association between attending public school with central obesity, a p value of 0.001. **Conclusions.** There is a strong association between the presence of central obesity due to CLI and high blood pressure levels in schoolchildren. Being a girl of school age is associated 2,171 times more with presenting high BP. Going to private school is a protective factor for presenting central obesity.

Keywords. Obesity, Central obesity, Waist-height ratio, high blood pressure, schoolchildren.

Introducción

La obesidad infantil y adolescente no es un fenómeno transitorio; hace algunos años la Organización Mundial de la salud (OMS, 1997 como se citó en Peralta-Romero et al, 2014) declaró la obesidad como una epidemia

global (OMS, 2020-a). Para el 2016, la OMS declaró que hay aproximadamente 340,000 millones de niños y adolescentes entre 5 y 19 años con sobrepeso u obesidad (OMS, 2020-b). En México, por su parte, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 evidencia una prevalencia de sobrepeso y obesidad del 32.8% en niñas y de 33.7% en niños utilizando el Índice de masa corporal (IMC) como diagnóstico de obesidad (ENSANUT, 2016 como se citó en Shamah-Levy et al, 2018).

La obesidad actualmente se considera como un estado de inflamación crónica sistémica de bajo grado, y estudios recientes señalan que, dependiendo su ubicación en el cuerpo, difiere su capacidad para secretar adipocitocinas. Actualmente se conoce que la grasa visceral presenta mayor actividad metabólica (Coelho et al, 2013).

Las citocinas que se encuentran presentes en la obesidad son de dos tipos: proinflamatorias (como la interleucina 6 [IL-6] y factor de necrosis tumoral alfa[FNT-a]) y antiinflamatorias (como la adiponectina) cuya acción se asocia a una disminución de la secreción, acción y sensibilización de la insulina; además, se sabe que éste tipo de tejido expresa todos los componentes del sistema renina-angiotensina-aldosterona (RAAS), incluyéndose el angiotensinógeno (AGT), renina, enzima convertidora de angiotensina I y el receptor de angiotensina II tipo 1. La angiotensina derivada del tejido adiposo estimula la síntesis de prostaciclina, la diferenciación de adipocitos y lipogénesis, además, los péptidos RAAS secretados por este tejido actúan sobre la vasculatura y los objetivos distantes para regular la presión arterial y las respuestas cardiovasculares en individuos obesos (Coelho et al, 2013).

Por lo cual, dado que la grasa visceral presenta actividad sobre la tensión arterial, es importante identificar el mejor índice antropométrico para diagnosticar obesidad visceral para identificar este factor de riesgo en la población blanco. En los últimos años, estudios realizados en niños latinoamericanos y mexicanos han comparado múltiples herramientas, como lo es la circunferencia de cintura (CC), el índice cintura-cadera (ICC) y el índice de cintura-estatura (ICE), con la finalidad de llegar a un correcto diagnóstico de obesidad central en la población pediátrica. (Ortega et al, 2017; Saldívar-Cerón, 2016). Un estudio realizado en Centro Médico Nacional de Occidente, demuestra que la medición de ICE es el mejor marcador para diagnosticar obesidad central en niños (Ortega et al, 2017).

La obesidad visceral se ha definido como un factor de riesgo para desarrollar hipertensión arterial sistémica (HAS), y aunque se sabe que ésta tiene sus orígenes en la etapa infantil, no se ha descrito del todo los factores de riesgo asociados en ésta etapa como se ha estudiado en la adultez (OMS, 1997 como se citó en Peralta-Romero et al, 2014).

El objetivo de ésta investigación fue determinar la asociación entre obesidad central en escolares y cifras de tensión arterial elevada en una Unidad de Medicina Familiar en la ciudad de Querétaro, México.

Material y Métodos

Estudio observacional, transversal comparativo de tipo asociación efectuado en el mes de julio de 2021 en el cual se incluyeron niñas y niños en edad escolar (de 6 a 11 años, 11 meses y 29 días) con adscripción a la UMF 16 en Querétaro, México, seleccionados por muestreo no aleatorio/no probabilístico por conveniencia.

El tamaño de la muestra se calculó por medio de la fórmula de porcentaje para 2 poblaciones con un nivel de confianza del 95% para una zona de rechazo de la hipótesis nula ($Z\alpha = 1.64$) un poder de la prueba al 99% ($Z\beta = 2.326$) asumiendo una p_1 de 71.80% ($p_1 = 0.718$) y una p_0 de 33.50% ($p_0 = 0.335$). El tamaño de la muestra calculada fue de 46 (n = 46) niños por grupo.

$$n = \frac{(Z\alpha + Z\beta)^2 (p_1q_1 + p_0q_0)}{(p_2-p_0)}$$

Se excluyeron a pacientes que contaban con diagnóstico de hipertensión arterial secundaria, malformaciones renales, enfermedad renal crónica, malformaciones cardíacas (coartación de la aorta, alteración de anatomía de arco aórtico), trastorno de déficit de atención en tratamiento (uso de anfetaminas, estimulantes), síndrome de apnea obstructiva del sueño o que hayan utilizado en las últimas 24 horas descongestionantes y/o medicamentos de tipo AINES, herbolaria, que hayan ingerido cafeína o bebidas con cafeína en las últimas 24 horas, antecedente de uso de esteroides sistémicos en los últimos 3 meses. Se eliminaron pacientes con aquellas hojas de recolección con datos incompletos.

Se reclutaron 148 pacientes, de los cuales se formaron 2 grupos: grupo 1 con 75 pacientes quienes padecían obesidad central por ICE y grupo 2 con 73 pacientes sin obesidad central.

Los datos recolectados fueron almacenados y procesados en una base de datos y posteriormente analizados mediante el programa estadístico SPSS para Windows (v.22.0). Se utilizó estadística descriptiva, t de student, X^2 y razón de momios para identificar dependencia o independencia y la fuerza de asociación entre la obesidad central medida por ICE y cifras de tensión arterial elevada.

Se utilizó una hoja de recolección de datos debidamente foliada para su identificación con un cuestionario de variables sociodemográficas y las medidas antropométricas.

Las variables sociodemográficas a estudiar fueron: edad, sexo, escuela de procedencia del sector público o privado; las variables antropométricas fueron: tensión arterial normal o elevada (tomando como punto de corte percentil >90), percentil de tensión arterial, obesidad central por ICE.

Posterior a firmar la hoja de consentimiento y asentimiento informado por el tutor y el paciente, a los escolares seleccionados se les realizó la toma de talla, perímetro abdominal y TA de acuerdo a los lineamientos de la OMS (OMS, 2020-c) y de la Academia Americana de Pediatría (Flynn et al, 2017).

Para la toma de la talla se utilizó una balanza y estadiómetro de fabricación alemana marca Seca®; se le pidió al menor retirarse suéter/chamarra y lo que llevaba en los pies y en la cabeza, subir a la báscula y permanecer con los pies juntos, los talones contra el estadiómetro y las rodillas rectas, dorso del tronco y la pelvis en continuo contacto con la rama vertical, se le pidió mirar hacia el frente situándose en posición antropométrica con la cabeza orientada según el plano de Frankfort (con los ojos a la altura de las orejas), posteriormente se procedió a bajar despacio el nivelador para mediciones hasta la cabeza, manteniéndose lo más recto posible, en donde se midió la talla.

Posteriormente, para la medición de la circunferencia de cintura se utilizó una cinta métrica marca Seca® de fibra de vidrio, cuya precisión es de 1 mm. Se le explicó al tutor y al menor que esta medición se tendría que tomar sobre la piel o por encima de un tejido fino (blusa o camiseta); la medición de la circunferencia de cintura se tomó entre la última costilla y la cresta ilíaca, con el sujeto de pie y los brazos relajados a cada lado, a la altura de la mitad de la axila y al final de una espiración normal, anotando en centímetros en la hoja de recolección de datos que corresponda al participante.

Por último, para la toma de la tensión arterial, el escolar estuvo sentado durante 3-5 minutos, con la espalda apoyada y los pies sin cruzar en el suelo. Se utilizó un esfigmomanómetro aneroide Welch Allyn® durashock multipack con 4 brazaletes DSS44 flexiport duraderos # 9, 10, 11 y 12. Previo a la medición, se verificó que se estuviera utilizando el tamaño de brazalete correcto, para lo cual, el alto del brazalete debe ser al menos del 40% de la longitud del brazo del escolar, el largo del brazalete debe ser del 80% al 100% o con la circunferencia del medio (medida como el punto medio entre el acromion de la escápula y el olécranon del codo, con el hombro en una posición neutra y el codo flexionado a 90°), para la cual se recomienda un brazalete con una relación entre el ancho y la circunferencia del brazo de 0,45 a 0,55.

Posterior a elegir el brazalete adecuado, se registró la TA en el brazo derecho para mantener la coherencia, evitar sesgos al comparar con las tablas estándar y para evitar

una lectura falsamente baja del brazo izquierdo en el caso de coartación de la aorta no diagnosticada; el brazo a la altura del corazón, apoyado a 90° y descubierto por encima del manguito. Para una para una TA auscultatoria, la campana del estetoscopio se colocó sobre la arteria braquial en la fosa antecubital, y el extremo inferior del manguito a 2-3 cm por encima de la fosa antecubital. El manguito se infló a 20-30 mmHg por encima del punto en el que desapareció el pulso radial, evitando la sobreinflación; posteriormente el manguito se desinfló a una velocidad de 2 a 3 mm Hg por segundo.

El primer sonido audible (fase I Korotkoff) y el último (fase V Korotkoff) se tomaron como presión sistólica y presión diastólica. El paciente y el observador no hablaron mientras se realizaba la medición para evitar variaciones en la misma.

Al término de la medición de estos parámetros, se percentiló la talla para la edad de acuerdo al sexo utilizando las tablas de la OMS, se obtuvo el índice cintura-estatura, tomando como punto de corte recomendado para medir obesidad central de acuerdo al ICE ≥ 0.5 y se percentiló la TA obtenida de acuerdo al percentil de talla para la edad por sexo de acuerdo a las tablas de la AAP, considerando tensión arterial elevada todas aquéllas que se presentaran por arriba del percentil 90. No se realizó diagnóstico de hipertensión arterial en ningún caso considerando que para el mismo, se necesitan 3 mediciones con un espacio de 6 meses entre cada una, tal y como lo recomienda la AAP.

Resultados

Se reclutaron 148 pacientes conforme los criterios de inclusión descritos en la metodología, no se eliminó ningún paciente. Predominó la población masculina con una participación del 58.1% (86 niños) con una menor participación por parte del sexo femenino del 41.9% (62 niñas). La edad promedio fue de 7.9 años y la moda fue de 6 años (44). Se dividieron en 2 grupos, obesos y no obesos de acuerdo al ICE.

Dentro del grupo de los pacientes con obesidad, predominó el sexo masculino en un 61.3% (46), el 94.7% de los pacientes acudían a escuela del sector público (71) y el promedio de edad fue de 8.08; en comparación con el grupo sin obesidad, en donde predominó el sexo masculino en un 54.8% (40), el 75.3% de los pacientes acudían a escuela del sector público (55) y el promedio de edad fue de 7.85. Cuadro 1.

Cuadro 1 Comparación de variables sociodemográficas entre grupos.

		Obesidad Central						
		Presente		Ausente		Total		Valor de p
		n	%	N	%	n	%	
Sexo	Femenino	29	38.7	33	45.2	62	41.9	0.420
	Masculino	46	61.3	40	54.8	86	58.1	
	Total	75	100	73	100	148	100	
Escuela	Privada	4	5.3	18	24.7	22	14.9	0.001
	Pública	71	94.7	55	75.3	126	85.1	
	Total	75	100	73	100	148	100	
Edad	Media	8.08		7.85				0.431
	DE	1.784		1.769				
	Total	75		73				

DE: Desviación Estándar

Fuente: Escolares adscritos a la UMF 16, IMSS, Querétaro, julio de 2021.

Dentro de las variables antropométricas, en la población general se encontró un porcentaje de TA elevada del

64.2%; dentro del grupo de pacientes con obesidad central, el porcentaje de TA elevada fue del 88% (66), en comparación con el grupo sin obesidad en donde se encontró un porcentaje de pacientes con TA elevada de 39.7% (29). Cuadro 2.

Cuadro 2 Comparación de variables antropométricas entre grupos.

		Obesidad Central						
		Presente		Ausente		Total		Valor de p
		n	%	n	%	n	%	
TA	Elevada	66	88	29	39.7	95	64.2	0.000
	Normal	9	12	44	60.3	53	35.8	
	Total	75	100	73	100	148	100	
PTA	Percentil 5	6	8	20	27.4	26	17.6	
	Percentil 10	0	0.0	4	5.5	4	2.7	
	Percentil 25	0	0.0	3	4.1	3	2	
	Percentil 50	3	4	12	16.4	15	10.1	
	Percentil 75	0	0.0	5	6.8	5	3.4	
	Percentil 90	4	5.3	8	11.0	12	8.1	
	Percentil 95	6	8	5	6.8	11	7.4	
	Percentil >95	56	74.7	16	21.9	72	48.6	
	Total	75	100	73	100	148	100	

TA: Tensión Arterial. PTA: Percentil de Tensión Arterial

Fuente: Escolares adscritos a la UMF 16, IMSS, Querétaro, julio de 2021.

Dentro de la población analizada, se encontró una fuerte asociación entre presencia de obesidad central y presencia de TA elevada en los escolares, con una X^2 de 37.504, un valor de p de 0.000, OR de 11.126 con un IC 95% 4.806 – 25.761, encontrándose que es 11 veces más probable que un escolar que presenta obesidad central por ICE, tenga cifras de TA elevada. Cuadro 3

Cuadro 3 Asociación de presencia de obesidad central medida por ICE y cifras de tensión arterial elevada

Tensión arterial	Obesidad central					
	Presente		Ausente		Total	
	n	%	n	%	n	%
Elevada	66	88	29	39.7	95	64.19
Normal	9	12	44	60.3	53	35.81
Total	75	100	73	100		

ICE: Índice cintura-estatura;
Prueba de X^2, con p=.000; OR=37.50 (IC 95% 4.806-25.761)
Fuente: Escolares adscritos a la UMF 16, IMSS, Querétaro, julio de 2021.

Se encontró una asociación entre cifras de TA elevada al sexo femenino, con una X^2 de 4.646, un valor de p de 0.031 estadísticamente significativa, OR 2.171 con un IC 95% 1.066 – 4.421, encontrándose que, es 2 veces más probable que una niña en edad escolar presente tensión arterial elevada que un niño. Cuadro 4

Cuadro 4 *Asociación de presencia de tensión arterial elevada con el sexo*

Sexo	Tensión arterial					
	Elevada		Normal		Total	
	n	%	n	%	n	%
Femenino	46	48.4	16	30.2	62	41.9
Masculino	49	51.6	37	69.8	86	58.1
Total	95	100	53	100	148	100

ICE: Índice cintura-estatura;
Prueba de X^2, con p=0.031; OR=2.171 (IC 95% 1.066 – 4.421)
Fuente: Escolares adscritos a la UMF 16, IMSS, Querétaro, julio de 2021.

No se encontró asociación entre presencia de obesidad central medida por ICE y el sexo, encontrando una X^2 de 0.650, con un valor de p de 0.420 estadísticamente no significativa.

Respecto a la escuela de procedencia (privada o pública), se encontró de manera incidental que acudir a una

escuela privada se asocia como factor protector para presentar obesidad central, con una X^2 de 10.916, un valor de p de 0.001, OR de 0.172, IC 95% de 0.055 – 0.538, encontrando que, es 0.172 más probable que acuda un niño con obesidad central a una escuela privada. Cuadro 5

Cuadro 5 *Asociación de presencia de obesidad central y acudir a una escuela del sector privado.*

Escuela	Obesidad central					
	Presente		Ausente		Total	
	n	%	n	%	n	%
Privada	4	5.3	18	24.7	22	14.9
Pública	71	94.7	55	75.3	126	85.1
Total	75	100	73	100	148	100

ICE: Índice cintura-estatura;
Prueba de X^2, con p=0.420; OR=0.764 (IC 95% 0.397 – 1.470)
Fuente: Escolares adscritos a la UMF 16, IMSS, Querétaro, julio de 2021.

Discusión

En el presente estudio, se encontró una asociación importante entre presencia de obesidad central y cifras de TA elevada dentro de la población estudiada, reportando que es 11 veces más probable que un escolar con obesidad central por ICE presente cifras de TA elevada. Resultados concordantes con el estudio que realiza González et al, 2013, cuya población fueron 310 niños entre 5 y 11 años, en donde se reporta una asociación significativa entre obesidad medida por IMC y obesidad central medida por ICC y HAS, reportando que el 72.9% de los hipertensos presentaron obesidad central; y con Barberán Solórzano et al, 2010, cuya población fueron niños entre 5 y 12 años, en donde se reporta que el 71.8% de los pacientes con obesidad diagnosticada por IMC se encuentran clasificados como prehipertensos o hipertensos.

Respecto a la tensión arterial, en el presente estudio se encontró TA elevada (percentil > 90 clasificación actual) en un porcentaje de población del 64.2%, mientras que en el estudio que reporta Barberán Solórzano et al, 2010 se identifica un porcentaje del 43.13% clasificados como prehipertensos e hipertensos (percentil > 90 de acuerdo a la clasificación previa de la APP).

Resultados del presente estudio arrojaron una asociación entre cifras de TA elevada al sexo femenino, con un porcentaje de 74.19% de las niñas versus el 56.98% del total de varones y un OR 2.171. Lo que significa que, es 2 veces más probable que una niña en edad escolar presente TA elevada que un niño. En contraste con el estudio realizado por González et al, 2013 en donde no se encuentra asociación de cifras de TA elevada al sexo, y al estudio de Barberán Solórzano et al, 2010 en donde se reporta mayor porcentaje de TA elevada en el sexo masculino.

Resultados de éste estudio evidenciaron un porcentaje de obesidad del 53.48% en el sexo masculino, sin presentar una asociación significativa al sexo, concordante con González et al, 2013, en donde despliega un porcentaje de 59.5% de obesidad por IMC del sexo femenino sin representar una diferencia significativa; el estudio de Barberán Solórzano et al, 2010 reporta mayor porcentaje de obesidad en varones con una prevalencia del 31.25%; otro estudio realizado en la Ciudad de Querétaro en 2018, describe una prevalencia de sobrepeso y obesidad por IMC en un 42.5% de su población (Méndez et al, 2018).

Respecto a la escuela de procedencia se encontró que por cada niño no obeso que acude a escuela del sector privado, se encuentra 0.172 niños obesos, lo cual concuerda con el estudio realizado en Querétaro previamente (Méndez et al, 2018). Por lo cual, el acudir a una escuela del sector privado se presentó como factor protector para presentar obesidad central.

Una limitante a considerar en éste estudio fue que se desarrolló durante de una pandemia (COVID 19), en donde los escolares han dejado de acudir a la escuela de manera presencial siendo imposible llevar a cabo el reclutamiento en diferentes escuelas del sector público y privado, por lo cual se reclutaron pacientes de una UMF.

Una limitante más fue que, aunque se excluyeron pacientes que se conocían con factores de riesgo para desarrollar HAS secundaria, no se exime que el tutor desconozca al momento de la entrevista que el paciente seleccionado cuente con alguno de ellos.

Conclusiones

Hay una fuerte asociación entre presencia de obesidad central por ICE y cifras de TA elevada en escolares.

Ser niña en edad escolar se asocia 2.171 veces más para presentar TA elevada.

En este estudio, acudir a escuela privada se presentó como factor protector para presentar obesidad central.

Referencias bibliográficas

Peralta-Romero J. de J., Gómez-Zamudio J. H., Estrada-Velasco B., Karam-Araujo R. y Cruz-López M. (2014). Genética de la obesidad infantil. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, *52*(1), S78-S87. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457745485014

Organización Mundial de la Salud. (2020-a). *Sobrepeso y Obesidad infantiles*. Recuperado el 8 de septiembre de 2020 de https://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/es/

Organización Mundial de la Salud. (2020-b). *Obesidad y sobrepeso.* Recuperado el 18 de noviembre de 2020 de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

Shamah-Levy T., Cuevas-Nasu L., Gaona-Pineda E.B., Gómez-Acosta L.M., Morales-Ruán M. del C., Hernández-Ávila M. y Rivera-Dommarco J. (2018). Sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes en México, actualización de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. *Salud Publica de México, 60*(3), 244-253. https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/8815

Coelho, M., Oliveira, T. y Fernandes, R. (2013). Bioquímica del tejido adiposo: un órgano endocrino. *Archivos de ciencia médica: AMS, 9*(2), 191–200. https://doi.org/10.5114/aoms.2013.33181

Ortega Cortés, R., García Montalvo, A., Trujillo, X., Barrera de León, J.C., López Beltrán, A. L., Delgadillo Ruano, M. A., Leal Cortés, C.A. (2017). Relación entre índices de adiposidad visceral con componentes del síndrome metabólico en pacientes pediátricos con sobrepeso y obesidad. *Nutr. Clín. Diet. Hosp., 37*(3):117-123. DOI:10.12873/373ortegacortes

Saldívar-Cerón, H.I., Vázquez-Martínez, A.L. y Barrón-Torres, M.T. (2016). Precisión diagnóstica de indicadores antropométricos: perímetro de cintura, índice cintura-talla e índice cintura-cadera para la identificación de sobrepeso y obesidad infantil. *Acta Pediatr. Méx, 37*(2), 79-87. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-23912016000200079

Organización Mundial de la Salud. (2020-c). *Vigilancia STEPS de la OMS.* Recuperado el 11 de septiembre de 2020 de https://www.who.int/ncds/surveillance/steps/Parte3_Seccion4.pdf

Flynn, J.T., Kaelber, D.C., Baker-Smith, C. M., Blowey, D., Carroll, A.E., Daniels, S.R., Ferranti, S.D, Dionne, J. M., Falkner, B., Flinn, S.K., Gidding, S. S., Goodwin, C., Leu, M. G., Powers M. E., Rea, C., Samuels, J., Simasek, M., Thaker, V. V., Urbina E. M., and SUBCOMMITTEE ON SCREENING AND MANAGMENT OF HIGH BLOOD PRESSURE IN CHILDREN. (2017) Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *American Academy of Pediatrics, 140*(3). Recuperado el 28 de febrero de 2020. https://doi.org/10.1542/peds.2017-1904

González Sánchez, R., Llapur Milián R., Díaz Sánchez M.E., Moreno López, V. y Pavón Hernández, M. (2013). Hipertensión arterial y obesidad en escolares de cinco a once años de edad. *Rev Cubana Pediatr., 85*(4), 418-427. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312013000400002&lng=es

Barberán Solórzano K., Escala Cornejo R. y Suco Valle S. (2010). Sobrepeso y obesidad como factores predisponentes de hipertensión arterial en niños de 5 a 12 años en Guayaquil y Nobol. *Rev. Med. FCM-UCSG, 16*(3),160-168. http://rmedicina.ucsg.edu.ec/index.php/ucsg-medicina/article/view/62/24

Méndez Ávila, J.C., Franco Pérez, E. y Montesinos López, O. A. (2018). Los productos chatarra y su influencia con la salud infantil. *Repositorio de la red internacional de investigadores en competitividad, 5*(1), 1324 – 1335. https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/627/1222

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SOMOS UAQ
SERVIR CONSTRUIR TRANSFORMAR

MEMORIAS DEL 9° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS DEL ESTADO DE QUERÉTARO.

BLOQUE
CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

9° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
E INVESTIGADORAS
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

"Ideas jóvenes para impulsar el crecimiento del país"

INDICE

BLOQUE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Castro Campos Fernanda Guadalupe

Flores Sosa Ángel R.

Gómez Barrales Paola Dhamar

López Gachuzo Alexia Joana

López Raesfeld Paula Nicole

Martínez Coronado Mónica F.

Mendoza Zamorano Jonathan

Mera Cazares Marian Astrid

Ortega Sánchez Reyna

Oviedo Olvera Mónica Vanessa

Rangel García Carmen Alejandra

Reséndiz Nava Carolina N.

Rocha Solache Mariana

Sánchez Quezada Vanessa

Soto Pérez Diana Angélica

Takebayashi Caballero Noemi

Vargas Madriz Ángel Félix

Velázquez Sierra Beatriz Araceli

Efecto del tiempo y temperatura de reacción en la formación de almidón resistente tipo V

M. en C. Fernanda Guadalupe Castro Campos[1*,]
Asesores:
Dra. Marcela Gaytán Martínez[1]
[1]Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República, Facultad de Química Universidad Autónoma de Querétaro.
Email: *fer.castro207@gmail.com

RESUMEN

El almidón resistente tipo-V (AR-V), se conoce como complejo amilosa-lípido (CAL). Se ha reportado que puede obtenerse a partir de fracciones de amilopectina, por lo que la fuente de almidón es independiente a su formación. Se evaluó la formación de CAL a partir de dos almidones de maíz, con diferentes porcentajes de amilosa (Waxy y Hylon VII), usando ácido oleico con diferentes temperaturas (80, 90 y 100 °C) y tiempos de agitación (0,15, 30 y 45 min). Se determinó el efecto de las variables independientes en las propiedades térmicas, estructurales y la formación de almidón resistente. En el índice de complejo (IC), no se presentó efecto significativas por las temperaturas, sin embargo, el tiempo de agitación si presento efecto. Finalmente, se observó que la formación de CAL si tiene un efecto en el incremento de AR. Esta formación de CAL podría tener un efecto benéfico en la salud, debido al incremento en el contenido de AR-V. El AW mostró un incremento de 1.3 veces de almidón resistente respecto al almidón sin tratamiento, mientras que el AH incremento. La formación de complejos puede formarse mientras el uso controlado de temperatura y tiempo de agitación, independientemente del contenido de amilosa.

Palabras clave: Almidón resistente, amilopectina, complejo amilosa-lípido

ABSTRACT

Type-V resistant starch (AR-V) is known as amylose-lipid complex (CAL). It has been reported that it can be obtained from amylopectin fractions, so the starch source is independent of its formation. The formation of CAL was evaluated from two corn starches, with different percentages of amylose (Waxy and Hylon VII), using oleic acid with three temperatures (80, 90, and 100 ° C) and different stirring times (0, 15, 30, and 45 min). The effect of the independent variables on the thermal and structural properties and the formation of resistant starch was determined. No significant differences were found in temperatures in the complex index (CI), but differences were found in the stirring time. Therefore, the formation of complexes with the use of controlled conditions is independent of the amylose content. Finally, it was observed that the formation of CAL does influence the increase of AR. AW, an increase of 1.3 times its value was obtained for the percentage in starch without treatment, while it increased 0.64 times for AH. Complex formation can be formed while using controlled temperature and stirring time, regardless of amylose content.

Keywords: Resistant starch, amylopectin, complex amylose-lipid

1. Introducción

El almidón resistente tipo V, se considera un complejo que se forma mediante la interacción de la amilosa y una cadena de ácido graso. Esto debido a que los ácidos grasos tienen un carácter hidrofóbico que promueve la unión con las cadenas de amilosa en un medio acuoso, debido al carácter hidrofóbico que posee el interior de la hélice de amilosa (Tufvesson et al., 2003). El contenido de amilosa es el factor determinante en la formación de complejos (Chao et al., 2018; Liu et al., 2017; Wang et al., 2020).

Recientemente, se ha reportado que los complejos no necesariamente están relacionados con el contenido de amilosa. Esto debido a que se observó que el fraccionamiento de almidón rico en amilopectina, mediante un proceso enzimático, que ocasiona una desrramificacion, por lo tanto forma fragmentos de

distinto peso molecular (Hu et al., 2020). Sin embargo, en los reportes no se menciona si dichos complejos pueden ser resistentes a la digestión, así como las propiedades tecno funcionales que puedan impartir en una matriz alimentaria.

Luo et al., (2020) reportaron que la abertura de las cadenas de amilosa tiene también un efecto en la formación de complejos amilosa-lípidos. Debido a que mencionan que las hélices de 8 glucosas por giro son más propensas a formar complejos con los ácidos grasos libres, en comparación de una cadena corta y estrecha (menor a 8 glucosas por giro), debido a que estas últimas, se re-asociación con la molécula, después de un proceso térmico. Lo anterior, abre nuevas oportunidades de estudio en el área de alimentos, que permita la integración de ácidos grasos en una matriz alimentaria rica en almidón, para la formación de complejos que puedan proveer una resistencia a la digestión, sin embargo, aún se requiere conocer el tamaño de los fragmentos de almidón que puedan incrementar el contenido de almidón resistente tipo V, así como las propiedades estructurales que permitan su inclusión en una matriz alimentaria especifica. Lo cual permitiría la elaboración de alimentos con grasa para evitar los efectos negativos del consumo de ácidos grasos saturados.

Se ha reportado que el consumo de almidón resistente es capaz de aumentar la saciedad, mejorar la salud intestinal (Öztürk y Mutlu, 2019). Dentro de los pocos análisis que se han hecho para los efectos del consumo de almidón resistente. Se ha visto, mediante un meta análisis, que un consumo constante en adultos con sobrepeso y diabetes, puede ayudar a la reducción de insulina en ayunas, así como la glucosa (Martinez et al., 2019). Sin embargo, los efectos pueden variar de acuerdo con cada individuo. Por lo que aún se requieren estudios que puedan confirmar tales efectos (Wang et al., 2019). Por otro lado, también se ha observado mediante metaanálisis, resultados significativos para triacilglicéridos y el peso corporal (Snelson et al., 2019).

La presencia de complejos de almidón-lípidos son resistentes a la hidrólisis enzimática del tracto gastrointestinal, más de 120 min por lo que pueden llegar al colon, por ello, se le denomina almidón resistente tipo V. Debido a este almidón resistente es capaz de llegar al colon, su consumo se asocia a diversos efectos benéficos a la salud, por lo cual, su inclusión en matrices alimentarias puede ser una alternativa que permitan satisfacer la necesidad de alimentación y aporten un efecto benéfico a la salud.

Lo anterior, debido a que, en 2018 en México se reportó que el 76% de la población adulta padece obesidad, mientras que cerca del 34 % de la población infantil (5-12 años) padecían de sobrepeso y obesidad (ENSANUT, 2018; Vázquez-Morales E., et al., 2019). Debido a los altos porcentajes de obesidad en el país, se requieren alternativas alimenticias, que satisfagan los requerimientos nutricionales actuales de la población son necesarias alternativas saludables, que brinden saciedad, además puedan contribuir con la buena nutrición, para minimizar la incidencia y prevención de obesidad por el consumo de alimentos con altos contenidos calóricos, así como la prevención de enfermedades asociadas al sobrepeso como padecimientos cardiovasculares ETN, incluyendo los desórdenes de glucosa y diabetes mellitus tipo 2 (Tacer-Caba y Nilufer-Erdil, 2019). Por lo que, estudios enfocados en la formación de complejos almidón-lípido, para poder lograr su incorporación en diversas matrices alimentarias a fin de proveer a la población de mayores alternativas de alimentos funcionales, que contribuyan con un buen estado nutricio.

2.1 Material biológico

Se utilizó almidón de maíz Waxy (almidón ceroso comercial, Amioca, CÓDIGO: 04401106) y alto contenido de amilosa (Hylon VII) de Ingredion® (Fabricante de Ingredion, Ciudad de México, México). Ácido graso libre, se uso ácido oleico (Sigma Aldrich®).

2.2 Composición proximal

Cada uno de los almidones se le evaluó el contenido de humedad (método 44-19), cenizas (método 08-01.01), proteínas (método 46-13.01) y lípidos

(método 30-25.01) de acuerdo con los métodos descritos por la AACC, (2002).

2.3 Contenido de amilosa, amilopectina, almidón resistente y total

La determinación del contenido de amilosa y amilopectina mediante Amylose / Amylopectin Assay Kit (K-AMYL) (Megazymes; Wicklow, Irlanda) y el almidón resistente se determinó para los diferentes almidones y complejos de amilosa-lípido utilizando un Megazyme Kit® (Megazyme International Ireland, 2000) basado en el método 76-13.01 de AACC (AACC International, 2000). Todos los experimentos se repitieron tres veces.

2.4 Formación del complejo amilosa-lípido

Los complejos de amilosa-lípido se obtuvieron pesando 20 g de cada almidón y se disolvieron en 30 mL de agua destilada. Por otro lado, se calentaron 220 mL de agua a la temperatura correspondiente (80 ° C, 90 ° C y temperatura de ebullición) y se agregó la mezcla almidón-agua. Una vez alcanzada la temperatura, se añadió el ácido graso a una concentración del 10% (p / p), previamente disuelto en 10 mL de etanol. La mezcla de almidón-agua-ácido graso se agitó continuamente durante (0, 15, 30 y 45 min). Por otro lado, la mezcla se colocó en un baño de hielo para que se enfriara rápidamente una vez completada. La muestra obtenida se centrifugó a 9000 rpm durante 10 min para eliminar el exceso de agua. El precipitado obtenido se lavó con etanol para eliminar los ácidos grasos libres. Finalmente, las muestras se secaron a 40ºC durante 24 h. Finalmente, la muestra se molió con un molinillo de café para homogeneizar el tamaño de partícula y se almacenó en bolsas plásticas para su posterior análisis.

2.5 Índice de acomplejamiento

El índice de acomplejamiento (IC) se midió según el método descrito por Chao et al. (2018). Se pesaron 0,4 g del complejo almidón-lípido en tubos Falcon de 50 ml y se añadió agua hasta un peso de 5 g. La suspensión se colocó en un baño de agua hirviendo con agitación ocasional durante 10 min. La muestra se enfrió a temperatura ambiente y se agregaron 25 mL de agua destilada, luego la muestra se homogeneizó con un vortex durante 2 min. Finalmente, la muestra se centrifugó a 3000 rpm durante 15 minutos. Se transfirió una alícuota de 500 µL del sobrenadante a un tubo de ensayo y se agregaron 15 mL de agua destilada y 2 mL de solución de yodo (2.0% KI y 1.3% I2 en agua destilada). Un espectrofotómetro UV-VIS midió la absorbancia a 620 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo Scientific, U.S.A. Multiskan Ascent, modelo 51118307). Los almidones sin la adición de lípidos se utilizaron como referencia según fuera apropiado. El IC se calculó de acuerdo con la ecuación:

$$\%CI = \left(\frac{Abs_{referencia} - Abs_{almidón-lípido}}{Abs_{referencia}}\right) x\ 100$$

Donde $Abs_{referencia}$ representa la absorbancia de la solución de almidón de referencia, $Abs_{almidón-lípido}$ es la absorbancia de la mezcla almidón-lípido.

2.7 Cuantificación de almidón resistente, almidón de lenta y rápida digestión

La digestibilidad *in vitro* se determinó según el método descrito por Ding et al. (2019) con algunas modificaciones. Se pusieron 100 mg de almidón y complejo almidón-lípido en un tubo de centrífuga con 12 mL de tampón de acetato de sodio (pH = 5,2 La mezcla se colocó en un vórtice durante 20 segundos. Posteriormente, se tomó una alícuota de .5 mL, dijo la alícuota. se denominó FG (Glucose free). Luego se agregaron 100µL de α-amilasa pancreática y 300 µL de amiloglucosidasa. Una vez agregadas las enzimas, la mezcla se incubó con agitación constante a 37 ° C. Luego, se tomaron alícuotas de 0.5 mL a 20, 120 y 180 min. Una vez tomada la alícuota, se centrifugaron 4.5 mL de etanol (99%) a 3000 rpm durante 10 min. Finalmente, se midió la glucosa libre utilizando el kit de glucosa-peroxidasa (GOGA20, Sigma Aldrich). muestra se determinó por triplicado, y los porcentajes de almidón de rápida digestión (RSD), almidón de lenta digestión (SDS) y almidón resistente (RS), se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$\%RSD = \left(\frac{(G_{20} - FG)}{TS}\right) x\ 0.9\ x\ 100$$

$$\%SDS = \left(\frac{(G_{120} - G_{20})}{TS}\right) x\ 0.9\ x\ 100$$

$$\%RS = \left(\frac{TS - RSD - SDS)}{TS}\right) x\ 0.9\ x\ 100$$

Donde FG representa el contenido de glucosa libre, G20 fue el contenido de glucosa liberada (mg) después de 20 min de incubación, G120 fue el contenido de glucosa liberada (mg) a los 120 min y TS, representa la glucosa total liberada (mg) después de 180 min

2.8 Diseño y análisis de experimentos

Los análisis se llevaron a cabo como experimentos independientes por duplicado o triplicado. Los datos se expresaron como media ± desviación estándar. El análisis estadístico se realizó usando Minitab 16 (Minitab Inc, 2010), y el análisis de varianza se realizó usando la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en p <0.05 para múltiples variables.

3. Resultados y discusiones

3.1 Caracterización química del almidón

La composición proximal de almidón de maíz Waxy (almidón ceroso) y Hylon VII (alto contenido de amilosa) se presenta en la Tabla 1. No se encontraron diferencias significativas entre las variedades de almidón, para el contenido de humedad, en cambio se encontraron diferencias significativas en el contenido de lípidos, siendo el porcentaje más alto para el almidón de maíz Hylon VII. Asimismo, para el contenido de cenizas, se encontraron diferencias significativas entre las variedades de almidón, mientras que, el contenido de proteína se mostró diferencias significativas, siendo el mayor porcentaje para el almidón Hylon VII. La composición química de los diferentes almidones es un factor esencial, ya que determina las propiedades fisicoquímicas del almidón, como solubilidad, gelatinización, propiedades térmicas y retrogradación (Zhu, 2018). Sin embargo, la composición de los carbohidratos en los que se encuentra el almidón es el factor más crucial. Porque el contenido de almidón determina las propiedades es el factor determinante de las propiedades fisicoquímicas (Vamadevan y Bertoft, 2015).

En la tabla 1, se observa que existen diferencias significativas en el contenido de amilosa y amilopectina, debido a que el mayor porcentaje de amilopectina corresponde al almidón céreo con 87.3 ± 0.3%.

Table 1. Proximal composition of corn starches

Porcentaje (%)	*Almidón de maíz*	
	Waxy	*Hylon VII*
Humedad	10.0 ± 0.3 [a]	12.8 ± 2.2 [a]
Cenizas	1.1 ± 0.2 [a]	0.3 ± 0.1[b]
Lípidos	0.2 ± 0.2 [a]	0.5 ± 0.2 [a]
Proteínas	0.3 ± 0.1 [b]	0.9 ± 0.01 [a]
Carbohidratos totales	98.4 ± 1.2 [a]	98.3 ± 0.1 [a]
Almidón total	98.4 ± 1.2 [a]	98.3 ± 0.1 [a]
Amilosa	11.1 ± 0.3 [c]	69.7±2.6 [a]
Amilopectina	87.3 ± 0.3 [a]	28.9 ± 1.7 [c]

Se muestra la media ± desviación estándar de tres repeticiones. Diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes (p <0.05). * Carbohidratos totales por diferencia

El almidón Waxy tiene el porcentaje más alto de amilopectina porque está aislado del maíz modificado genéticamente en el gen que codifica la enzima responsable de la síntesis de la sintasa de almidón de amilosa unida a gránulos (GBSS I), que se silencia para aumentar la producción de amilopectina en el gránulo, que tiene como consecuencia un porcentaje de amilopectina superior al 90% (Changsheng et al., 2018; Wilson et al., 2018).

Por otro lado, para Hylon el almidón presentó el mayor contenido de amilosa (69.7 ± 2.6%), esto se debe a que en el maíz se produce una mutación en el gen amylose Extender 1 (ae1), que codifica la enzima desramificante del almidón (DBE), que aumenta la concentración de amilosa que oscila entre el 45-70% (Bean et al., 2018).

El almidón Hylon VII tiene el porcentaje más alto de contenido de almidón resistente (52.0 ± 5.5%). Este alto porcentaje está asociado con la amilosa. La

estructura presentó un patrón cristalino asociado a un tipo B (hexagonal) (Rodriguez-Garcia et al., 2020), es decir, con una disposición amorfa. En este tipo de disposición cristalina se ha visto que solo se hidroliza la superficie del gránulo, dando lugar a un almidón resistente de tipo 2. Mientras que en los almidones con una disposición cristalina de tipo A (ortorrómbica), la hidrólisis se produce asociada a una disposición cristalina, debido a que el sustrato estaba más disponible, es decir, la enzima puede hidrolizar un número más significativo de enlaces. Es por eso que el almidón Waxy tiene un contenido de almidón resistente más bajo, siendo 4.8 ± 0.5% en comparación con Hylon VII (Ramawat, 2019).

Finalmente, las variaciones del contenido total de almidón están asociadas con la variación de los componentes menores, como lípidos, proteínas y cenizas, así como modificaciones genéticas en la síntesis de almidón, que pueden variar el contenido total del almidón (Rodriguez-Garcia et al., 2020; Wilson et al., 2018).

3.3 Índice de acomplejamiento

En la Figura 1, se muestran los índices de acomplejamiento de almidones de maíz, con diferente contenido de amilosa, procesados a diferentes temperaturas y tiempos. Se puede observar que existe una tendencia en el aumento proporcional del porcentaje del índice de acomplejamiento con el aumento de temperatura y el tiempo de agitación en los tres almidones analizados. Este fenómeno puede estar asociado a que una temperatura más alta, aumenta el grado de gelatinización del almidón; es decir, la deformación del gránulo de almidón fue más significativa en tiempos de agitación prolongados, y en consecuencia, las cadenas de amilosa y amilopectina se liberan con mayor eficiencia, además de una temperatura más alta, permite la apertura de la cadena de amilosa (Nishiyama et al., 2010).

Por otro lado, un mayor tiempo de interacción entre los componentes, provocada por la acción conjunta de la temperatura con un tiempo de agitación constante, puede generar una fragmentación de las cadenas de amilopectina y posiblemente amilosa, lo que puede facilitar la inclusión del ácido graso en la hélice de amilosa y cadenas de amilopectina.

Se ha informado que la hidrólisis de los biopolímeros de amilosa y amilopectina afecta significativamente el porcentaje de formación del complejo almidón-lípido (Lee et al., 2021; Sun et al., 2021). La menor capacidad complejante de la amilopectina podría atribuirse a las longitudes de las cadenas que forman las ramas de amilopectina, lo que genera un impedimento estérico (Wang et al., 2016).

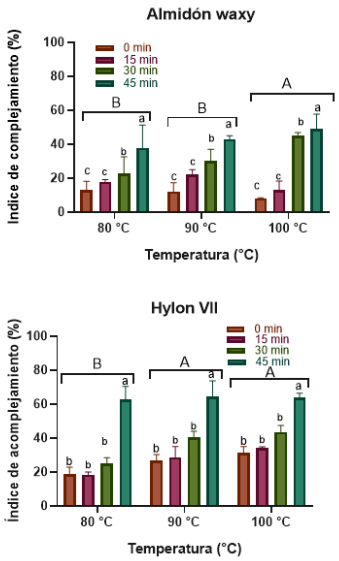


Figura 1. Índice de acomplejamiento de almidón-ácido oleico. b) almidón Hylon de maíz-ácido oleico b) almidón Waxy de maíz-ácido oleico. Letras mayúsculas diferentes son estadísticamente diferentes entre temperaturas y las letras minúsculas diferentes representan diferencias estadísticas entre los tiempos de agitación ($p<0.05$).

El índice de acomplejamiento más alto fue para el almidón Hylon VII (Fig. 1a). Este porcentaje es debido a que las cadenas de amilosa tienen un tamaño menor y el efecto de la temperatura en conjunto con la agitación constante, genera una apertura de hélice, permitiendo la inclusión de ácido graso. Luo et al., (2020), informaron que la apertura de la hélice es un fenómeno determinante en la formación de complejos y que una abertura más grande es más propensa a formar complejos amilosa-lípido, en comparación con una hélice estrecha. Dicha apertura puede ser inducida por acción mecánica. Por tanto, el tiempo de agitación afecta a la formación de complejos de inclusión almidón-lípido.

Los resultados muestran que el control de la temperatura y el tiempo de interacción del ácido graso con el almidón permite que se formen complejos almidón-lípido. Sin embargo, la interacción es más significativa con el almidón Hylon VII, por lo que se puede decir que un mayor contenido de amilosa favorece la formación de complejos. Sin embargo, el uso de una temperatura de 90 y 100 ° C, con un tiempo de agitación de 45 min, aumenta el porcentaje de acomplejamiento, independientemente del contenido de amilosa.

3.4 Digestión rápida del almidón, almidón de digestión lenta y almidón resistente

La Tabla 3 muestra los porcentajes de almidón resistente (AR), almidón de digestión lenta (SDS) y almidón de digestión rápida (RSD) formados a partir de los complejos almidón-lípido de los diferentes almidones utilizados en este estudio (Waxy y Hylon VII).

Tabla 3. Contenido de almidón resistente (RS), digestión lenta del almidón (SDS) y digestión rápida del almidón (RSD) en los diferentes tratamientos para la formación de complejos almidón-lípido.

Almidón	Tratamiento		RSD (%)	SDS (%)	AR (%)
	Temperatura	Tiempo			
Hylon	Nativo		14.49 ± 1.05	28.75 ± 0.89	52.76 ± 0.06
	80	0	59.66 ± 0.41^{Aa}	20.14 ± 0.26^{Aa}	12.87 ± 0.01^{Bb}
		45	52.22 ± 0.27^{Ab}	13.37 ± 0.01^{Aa}	29.14 ± 0.001^{Ba}
	90	0	76.89 ± 2.73^{Aa}	4.51 ± 0.1^{Aa}	15.75 ± 2.01^{Bb}
		45	55.55 ± 0.59^{Ab}	9.26 ± 0.04^{Aa}	33.58 ± 0.003^{Ba}
	100	0	61.36 ± 2.06^{Ba}	16.01 ± 0.09^{Aa}	22.03 ± 0.02^{Ab}
		45	6.63 ± 0.02^{Bb}	3.72 ± 1.6^{Aa}	86.69 ± 0.02^{Aa}
Waxy	Nativo		61.5 ± 0.51	3.51 ± 0.22	20.83 ± 0.3
	80	0	98.07 ± 1.1^{Aa}	2.31 ± 1.6^{Aa}	0 ± 0^{Bb}
		45	35.81 ± 0.1^{Ab}	31.87 ± 1.2^{Aa}	27.74 ± 0.02^{Ba}
	90	0	79.98 ± 2.7^{Aa}	6.89 ± 0.18^{Aa}	12.63 ± 0.03^{Bb}
		45	44.26 ± 3.2^{Ab}	21.24 ± 0.51^{Aa}	26.61 ± 0.04^{Ba}
	100	0	50.39±2.1^{Ba}	32.9±0.31^{Aa}	11.05±1.9^{Ab}
		45	24.56 ± 1.2^{Bb}	25.6 ± 1.3^{Aa}	49.33 ± 0.001^{Aa}

Se muestra la media ± desviación estándar de dos repeticiones. Diferentes letras mayúsculas en la misma columna son estadísticamente diferentes entre temperaturas, y diferentes letras minúsculas representan diferencias estadísticas entre los tiempos de agitación ($p < 0.05$).

En dicha tabla, se puede observar que el almidón Hylon VII, sin tratamiento, tiene un porcentaje de 14,49% de almidón de rápida digestión, el cual presentó un incremento según la temperatura del tratamiento. Sin embargo, al aumentar el tiempo de agitación, este porcentaje tiende a disminuir, lo que se asocia con el aumento de almidón resistente; por tanto, se observó el menor porcentaje de almidón de rápida digestión para el tratamiento con 100 ° C y 45 min de agitación, siendo 6,63 ± 0,02%. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos de formación de almidón resistente tipo V entre los resultados obtenidos para el almidón de digestión lenta.

Por otro lado, se observó que los porcentajes de almidón resistente formado a través de la interacción del almidón Hylon VII con ácido oleico aumentaron proporcionalmente con el aumento de la temperatura de tratamiento y el tiempo de agitación. Por tanto, para el tratamiento con 100 ° C y 45 min de agitación se obtuvo el mayor porcentaje de almidón resistente, siendo 86,69 ± 0,02%, mientras que, a una temperatura de 80 °C, se encontró un contenido de 12,87 ± 0,01%, siendo este el porcentaje más bajo.

Para el almidón Waxy, se encontraron diferencias significativas en el contenido de RSD entre las tres temperaturas de tratamiento de 80 y 90 en comparación con 100 °C y los tratamientos con los diferentes tiempos de agitación. En contraste, en el tratamiento con 0 min de agitación se encontró el mayor contenido de almidón de rápida digestión, siendo 98.07 ± 1.1%. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de la digestión lenta del almidón.

El porcentaje de almidón resistente obtenido para el almidón Hylon VII está asociado con la formación de complejos almidón-lípido (Chao et al., 2018), y se refleja en la formación de complejos, lo que podría observarse en el índice de acomplejamiento. Tales complejos dan lugar a un mayor porcentaje de almidón resistente. Lo que se pudo observar en los presentes resultados. Además de que se pudo observar un incremento de 0.63 veces respecto al almidón nativo, después de un tratamiento de 100°C con 45 min. Mientras que el almidón Waxy mostró un aumento de 1.3 veces respecto al almidón sin tratamiento, con un tratamiento de 100°C con 45 min.

De acuerdo con dichos incrementos, se puede inferir que el incremento en el porcentaje de almidón resistente formado a partir de los tratamientos esta dado por la formación de complejos almidón-lípido en el almidón Waxy. Mientras que para el almidón Hylon VII, al tener un mayor contenido de almidón resistente en su estado nativo y el incremento en su contenido, puede estar influenciado por la formación de complejos almidón-lípido, además de un remanente de almidón resistente tipo 1.

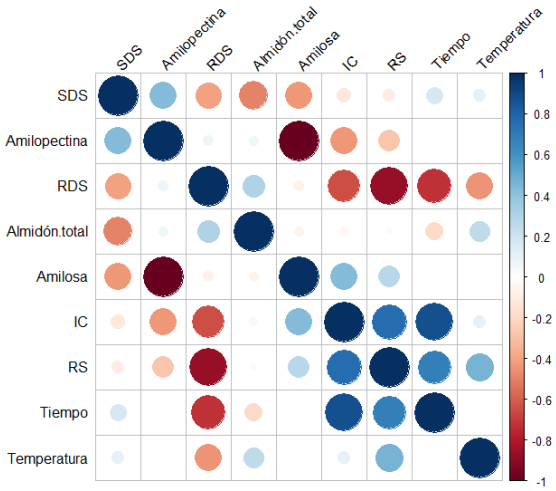


Figura 2. Análisis de correlación para los parámetros estudiados. IC: Índice de acomplejamiento; RS: Almidón resistente, RDS: almidón de rápida digestión; SDS: almidón de lenta digestión.

De acuerdo con lo anterior, el incremento de almidón resistente se observó está directamente relacionado con el índice de acomplejamiento, como se muestra en el matriz de correlación (Figura 2), por lo que tal incremento se debe a la formación de complejos almidón-lípido. Además, se pudo observar que tal incremento en almidón resistente no está asociado con el contenido de amilosa, por lo que se puede inferir que un tratamiento con temperatura y tiempo controlado es posible la formación de almidón resistente tipo V, mediante la formación de complejos almidón-lípido, independientemente del contenido de amilosa.

5. Conclusiones

El uso de tiempo y temperatura de agitación controlados genera una interacción entre el almidón de maíz y el ácido oleico independientemente del contenido de amilosa. Estos parámetros promueven la interacción de las moléculas de almidón y el ácido oleico. Esta interacción, dado que la agitación constante, puede reducir el tamaño de las moléculas de amilopectina a través de la fragmentación mecánica. La acción térmica permite la gelatinización de las moléculas de almidón y genera la apertura de los fragmentos formados, facilitando así la formación de complejos almidón-lípido. Este fenómeno fue más significativo con el uso de almidón Hylon VII. Por lo anterior, se puede decir que la formación de complejos almidón-lípido a través de parámetros controlados, evitaría el uso de enzimas, lo que reduce los costos de producción.

Referencias

Bean, S.R., Zhu, L., Smith, B.M., Wilson, J.D., Ioerger, B.P., Tilley, M., 2018. Starch and Protein Chemistry and Functional Properties, Sorghum and Millets. AACCI. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811527-5.00006-x

Changsheng, L., Yongcai, H., Huang, R., Wu, Y., Wang, W., 2018. The genetic architecture of amylose biosynthesis in maize kernel. Plant Biotechnol. J. 16, 688–695. https://doi.org/10.1111/pbi.12821

Chao, C., Yu, J., Wang, Shuo, Copeland, L., Wang, Shujun, 2018. Mechanisms Underlying the Formation of Complexes between Maize Starch and Lipids. J. Agric. Food Chem. 66, 272–278. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05025

Hu, X., Huang, Z., Zeng, Z., Deng, C., Luo, S., Liu, C., 2020. Improving resistance of crystallized starch by narrowing molecular weight distribution. Food Hydrocoll. 103, 105641. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105641

Lee, M.H., Kim, H.R., Lim, W.S., Kang, M.C., Choi, H.D., Hong, J.S., 2021. Formation of debranched wheat starch-fatty acid inclusion complexes using saturated fatty acids with different chain length. Lwt 141, 110867. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110867

Liu, G., Gu, Z., Hong, Y., Cheng, L., Li, C., 2017. Structure, functionality and applications of debranched starch: A review. Trends Food Sci. Technol. 63, 70–79. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.004

Luo S, Zeng Z, Mei Y, Huang K, Wu J, Liu C, H.X., 2020. Improving ordered arrangement of the short-chain amylose-lipid complex by narrowing molecular weight distribution of short-chain amylose. Carbohydr. Polym. 116544. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116359

Luo, S., Zeng, Z., Mei, Y., Huang, K., Wu, J., Liu, C., Hu, X., 2020. Improving ordered arrangement of the short-chain amylose-lipid complex by narrowing molecular weight distribution of short-chain amylose. Carbohydr. Polym. 240, 116359. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116359

Martinez, M.M., Snelson, M., Jong, J., Manolas, D., Kok, S., Louise, A., Stern, R., Kellow, N.J., Heard, K.J., Cornier, M., Marden, T., Higgins, J.A., Wang, Y., Chen, J., Song, Y., Zhao, R., Xia, L., Chen, Y., Cui, Y., Rao, Z., Zhou, Y., 2019. nutrients Metabolic E ff ects of Resistant Starch Type 2 : A Systematic Literature Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Curr. Opin. Food Sci. 38, 112–121. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.024

Nishiyama, Y., Mazeau, K., Morin, M., Cardoso, M.B., Chanzy, H., Putaux, J.L., 2010. Molecular and crystal structure of 7-fold V-amylose complexed with 2-propanol. Macromolecules 43, 8628–8636. https://doi.org/10.1021/ma101794w

Öztürk, S., Mutlu, S., 2019. Physicochemical Properties, Modifications, and Applications of Resistant Starches, Starches for Food Application. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809440-2.00008-3

Pérez-Herrera, A., Cruz-López, M., 2019. Childhood obesity: Current situation in mexico. Nutr. Hosp. 36, 463–469. https://doi.org/10.20960/nh.2116

Ramawat, K.G., 2019. Bioactive Molecules in Food - Reference Series in Phytochemistry.

Rodriguez-Garcia, M.E., Hernandez-Landaverde, M.A., Delgado, J.M., Ramirez-Gutierrez, C.F., Ramirez-Cardona, M., Millan-Malo, B.M., Londoño-Restrepo, S.M., 2020. Crystalline Structures of the main components of Starch. Curr. Opin. Food Sci. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.002

Snelson, M., Jong, J., Manolas, D., Kok, S., Louise, A., Stern, R., Kellow, N.J., 2019. nutrients Metabolic E ff ects of Resistant Starch Type 2 : A Systematic Literature Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials.

Sun, S., Jin, Y., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., 2021. Food Hydrocolloids Effects of fatty acids with various chain lengths and degrees of unsaturation on the structure , physicochemical properties and digestibility of maize starch-fatty acid complexes. Food Hydrocoll. 110, 106224. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106224

Tufvesson, F., Wahlgren, M., Eliasson, A.C., 2003. Formation of amylose-lipid complexes and effects of temperature treatment - Part 1. Monoglycerides. Starch/Staerke 55, 61–71. https://doi.org/10.1002/star.200390018

Vázquez-Morales E., Calderon-Ramos, G.Z., Arias-Rico, J. Jesús Carlos Ruvalcaba Ledezma4, Luis Arturo Rivera Ramírez5, Esther Ramírez MorenoJesús Carlos Ruvalcaba Ledezma4, Luis Arturo Rivera Ramírez5, E.R.M., 2019. Sedentary lifestyle, feeding, obesity, alcohol and tobacco consumption as risk factors for the development of type 2 diabetes. J. Negat. No Posit. Results 4, 1011–1021. https://doi.org/10.19230/jonnpr.3068

Wang, Shujun, Chao, C., Cai, J., Niu, B., Copeland, L., Wang, Shuo, 2020. Starch–lipid and starch–lipid–protein complexes: A comprehensive

review. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 19, 1056–1079. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12550

Wang, Shujun, Wang, J., Yu, J., Wang, Shuo, 2016. Effect of fatty acids on functional properties of normal wheat and waxy wheat starches: A structural basis. Food Chem. 190, 285–292. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.086

Wang, Y., Chen, J., Song, Y., Zhao, R., Xia, L., Chen, Y., Cui, Y., Rao, Z., Zhou, Y., 2019. Effects of the resistant starch on glucose , insulin , insulin resistance , and lipid parameters in overweight or obese adults : a systematic review and meta-analysis. Nutr. Diabetes. https://doi.org/10.1038/s41387-019-0086-9

Wilson, J.D., Zhu, L., Smith, B.M., Ioerger, B.P., Tilley, M., Bean, S.R., 2018. Starch and Protein Chemistry and Functional Properties, Sorghum and Millets. AACCI. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811527-5.00006-x

Zhu, F., 2018. Relationships between amylopectin internal molecular structure and physicochemical properties of starch. Trends Food Sci. Technol. 78, 234–242. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.024

La disminución de antocianinas no explica la Reversión de Color en zarzamora

Ángel R. Flores-Sosa[a], Diana Soto-Magaña[a], Luis E. González-de la Vara[b], Moustapha Bah[c], Dulce M. Rivera-Pastrana[a], Gerardo M. Nava[a], Edmundo M. Mercado-Silva[a,*]

[a]Departamento de Investigación y Posgrado de Alimentos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario S/N, Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, México.
[b]Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Unidad Irapuato, CINVESTAV-Irapuato, Libramiento Norte Carr, Irapuato-León Km 96, Irapuato, Guanajuato, México.
[c]Posgrado en Ciencias Químico Biológicas, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario S/N, Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, México.
*Autor de correspondencia mercado501120@gmail.com

Resumen

La reversión de color (RC) en zarzamora es un desorden fisiológico en el cual las drupas del fruto cambian de color negro a rojo. El mecanismo por el cual se genera este cambio de color se desconoce; sin embargo, su presencia se ha asociado con la vibración (10 Hz y aceleración de 0.5 *g*) que ocurre durante el transporte y con una disminución en el contenido de antocianinas (56–63 %). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue establecer un modelo de vibración para evaluar la relación entre el contenido de antocianinas y la RC. Cajas de zarzamora *cv.* APF-122 (170 g) se sometieron a vibración (10 Hz y aceleración de 0.5 g) durante 1, 3 y 5 min para inducir la RC. El color y el contenido de antocianinas se evaluó a las 0, 24, 48, 72, 96 y 120 h del almacenamiento a 1°C. La RC se observó inmediatamente después de someter los frutos a 5 min de vibración; no obstante, no se observaron cambios en el contenido de antocianinas en las primeras 72 h de almacenamiento. Se observó que en los frutos con RC se presenta ruptura de aglomerados de antocianinas y disminución de la intensidad de fluorescencia, lo cual sugiere pérdida de interacciones intermoleculares. Los datos obtenidos demostraron que la disminución del contenido de antocianinas no explica la RC, pero el cambio de color podría explicarse por la pérdida de integridad de los aglomerados de antocianinas y nuevas interacciones intermoleculares.

Palabras clave: Reversión de color, fruto de zarzamora, contenido de antocianinas, aglomerados de antocianinas.

Abstract

Red Drupelet Reversion (RDR) in blackberry is a physiological disorder where numerous fruit drupelets regress to red from black color. The specific mechanism causing RDR is still unknown; however, numerous studies have suggested that vibration (10 Hz and acceleration of 0.5 g) generated during transportation, and reduction (56–63 %) in anthocyanin contents could be factors associated with RDR appearance. Based on this notion, the main goal of the present study was to establish a fruit vibration model to evaluate the relationship between anthocyanin content and RDR appearance. Blackberry clamshells *cv.* ‘APF-122′ (170 g) were subjected to vibration (10 Hz and acceleration of 0.5 g) during 1, 3, and 5 min to induce RDR. Color and anthocyanin content were evaluated at 0, 24, 48, 72, 96 and 120 h of storage at 1 ◦C. RDR was observed immediately after fruit was subjected to 5 min vibration; however, no changes were observed in anthocyanin concentration before 72 h of storage. It was observed that reverted fruit possessed anthocyanins dispersed within the cells and their fluorescence emission was reduced, suggesting changes in intermolecular interactions between anthocyanins. Taken together, these results suggest that blackberry color reversion is not linked with anthocyanin content reduction, but this disorder could

be associated with changes in anthocyanin intermolecular interactions.

Keywords: Color Reversion, blackberry fruit, anthocyanin content, anthocyanin agglomerates.

Introducción

La zarzamora es un fruto agregado conformado de numerosas drupas unidas a un receptáculo. Durante el proceso de maduración en la planta, la zarzamora cambia gradualmente de color: de verde a rojo y finalmente a negro. La cosecha de la zarzamora se realiza cuando sus drupas son completamente negras, pero en el proceso de transporte y almacenamiento, algunas drupas cambian a color rojo; este fenómeno se conoce como reversión de color (RC) (Edgley, Close, Measham, & Nichols, 2019) y su presencia provoca el rechazo del fruto en los mercados de exportación (Edgley, Close, & Measham, 2020).

El mecanismo químico o bioquímico que genera el cambio de color característico de la RC se desconoce; pero algunos estudios han sugerido que la disminución en el contenido de antocianinas podría relacionarse con la presencia de este fenómeno (Edgley et al., 2020; Edgley et al., 2019; Kim et al., 2019); por ejemplo, en la RC inducida por el almacenamiento a baja temperatura por 1 o 7 días se ha reportado reducción entre el 50 y 60 % del contenido de antocianinas en variedades Apache, Ouachita, y Triple Crown (Edgley et al., 2019; Kim et al., 2019). También, se ha sugerido que esta disminución de antocianinas podría generarse por el daño mecánico que se presenta durante el transporte (Edgley et al., 2020; Pérez-Pérez et al., 2016).

La vibración es considerada una de las causas de daño mecánico más importantes que se genera durante el transporte (Fernando, Fei, & Stanley, 2019) y se ha asociado con la presencia de RC en zarzamora (Gil & Beaudry, 2020). Recientemente se ha reportado que los niveles de vibración (10 Hz y aceleración de 0.5 *g*) alcanzados durante la comercialización de la fruta podrían inducir daño mecánico y RC en zarzamora *cv.* Tupi (Pérez-Pérez et al., 2016). Estos estudios soportan la hipótesis que la RC podría estar relacionada con el daño de la fruta y cambios en el contenido de antocianinas. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue establecer un modelo de vibración para evaluar la relación entre el contenido de antocianinas y la RC.

Metodología

Material biológico

Los frutos de zarzamora (*Rubus* spp. *cv* APF-122) fueron obtenidos de un empaque comercial ubicado en Guanajuato, México (20°40'18" N, 101°20'48" O). Frutos completamente maduros de color negro brillante fueron transportados al laboratorio de fisiología y bioquímica poscosecha de la UAQ. Se seleccionaron aquellos que no presentaban defectos visuales y se almacenaron a 1 °C y 95 % de humedad relativa por 24 h.

Modelo de laboratorio para inducir la RC

Cajas de zarzamora se vibraron en un sistema simulador de vibración integrado por un módulo generador de señal DDS, un osciloscopio DS0138 y un materializador de señal (Subwoofer, POWER12). La vibración se realizó a una frecuencia entre 10 y 15 Hz con una aceleración de 0.5 *g*, niveles alcanzados durante el transporte comercial (Pérez-Pérez et al., 2016). Para identificar el tiempo mínimo para inducir la RC, cajas de 170 g de zarzamora se vibraron por 0, 1, 3, y 5 min. Este estudio se realizó por triplicado. Después de la vibración, los frutos fueron fotografiados y se realizaron mediciones de color.

Relación entre RC y contenido de antocianinas

Cajas de zarzamora de 170 g de la variedad APF-122 fueron sometidas a dos tratamientos: fruta revertida (5 min de vibración con frecuencia de 10 a 15 Hz y aceleración de 0.5 *g*) y fruta no revertida (0 min de vibración); este experimento se realizó por triplicado. Las cajas se almacenaron por 0, 24, 48, 72, 96, y 120 h a 1 °C y 95 % de humedad relativa. Las muestras fueron fotografiadas y se midió su color; después del almacenamiento, se separaron las drupas con y sin reversión de color, se congelaron en nitrógeno líquido y conservaron a -80 °C hasta su análisis de antocianinas.

Análisis de color

El color (L*, a*, b*) se midió en la zona ecuatorial del fruto utilizando un colorímetro CM-600D (Konica Minolta, Japón) con un iluminante D65 y ángulo de observación de 10°. Valores de cromaticidad (C*) y ángulo de matiz (h°) fueron estimados de acuerdo con lo reportado (McGuire, 1992).

Análisis del contenido de antocianinas

Se obtuvo un extracto de antocianinas a partir de 3 g de drupas y 25 mL de una mezcla de solventes [metanol, agua, y ácido fórmico (80:19.9:0.1)]. La muestra se homogenizó (T-25, IKA, Alemania) y posteriormente se centrifugó (13,500 rpm) durante 15 min a 4°C; el sobrenadante se filtró (Whatman no. 4) y se analizó el contenido de antocianinas monoméricas por espectrofotometría y por HPLC.

Antocianinas monoméricas

Quinientos microlitros del extracto de antocianinas se diluyeron en 2 mL de solución amortiguadora de cloruro de potasio (0.025 M, pH 1.0) y de acetato de sodio (0.4 M, pH 4.5). Para cada solución se determinó el espectro de absorción de 400 a 700 nm en un espectrofotómetro (Lambda 365, Perkin Elmer, Inc., EUA). El contenido de antocianinas monoméricas (AM) se estimó con la siguiente ecuación:

$$MA = \frac{A * MW * DF * 1000}{\varepsilon * 1}$$

Donde MA es el contenido de antocianinas monoméricas; $A = (A_{\lambda vismax}\text{-}A_{700})_{pH1.0} - (A_{\lambda vismax}\text{-}A_{700})_{pH4.5}$; MW es el peso molecular de la cianidin-3-glucósido (449.2 g mol^{-1}); ε es el coeficiente de absortividad molar de la cianidin-3-glucósido (26,900 L cm^{-1} mol^{-1}); DF es el factor de dilución, y 1 es el grosor de la celda (1 cm). Los resultados se expresaron como equivalentes de cianidin-3-glucósido en mg g^{-1} de muestra (Giusti & Wrolstad, 2001).

Perfil de antocianinas por HPLC

El análisis de antocianinas por HPLC se realizó en un equipo Waters (Waters, EUA) compuesto de una bomba cuaternaria (modelo Alliance e2695) y un detector PDA (modelo 2998). Treinta micro litros del extracto de antocianinas se inyectaron en la bomba y la separación de los compuestos se realizó con una columna symmetry C-18 (5 µm, 150 mm x 4.6 mm), la cual se mantuvo a una temperatura de 35 °C. La fase móvil consistió en un solvente A [agua/ácido fórmico (99.9:0.1, v/v)] y un solvente B (acetonitrilo) con flujo de 0.5 mL min^{-1}. El gradiente usado fue: 0 min, 5% B; 0 a 20 min, 20% B; 20 a 25 min, 40% B; y 25 a 30 min, 5% B (Yang, Ou, Zhang, Zhou, & Ma, 2017). La detección de antocianinas se realizó a 520 nm, y la identificación se hizo con base en la comparación del tiempo de retención y espectro de absorción UV-VIS de un estándar de cianidin-3-glucósido (Sigma Aldrich). La cuantificación de antocianinas se realizó con una curva estándar de cianidin-3-glucósido (de 0.006 a 0.10 mg mL^{-1}); las antocianinas no identificadas se cuantificaron como equivalentes de cianidin-3-glucósido (Garcıia-Viguera, Zafrilla, & Tomás-Barberán, 1997).

Observaciones en microscopio

Para evaluar la distribución de las antocianinas dentro de las drupas, se realizó un análisis histológico. Muestras de piel de drupas fueron cortadas de forma manual con una navaja de doble filo. El tejido se colocó en un portaobjetos (25 x 75 mm) y se protegió con un cubreobjetos (20 x 40 mm); las observaciones se realizaron con un microscopio compuesto (Olympus BX43, Tokio, Japón) equipado con una cámara digital (Olympus, EUA). Para la observación de la fluorescencia de las antocianinas, los frutos fueron fijados con *p*-formaldehído al 4 % (Electron Microscopy Sciences, EUA) disuelto en una solución amortiguadora de fosfatos (0.16 M, pH = 7.2). Los tejidos se colocaron en un portaobjetos y cubiertos con un cubreobjetos (D = 0.17 mm ± 0.005 mm, índice de refracción = 1.5255 ± 0.0015, Abbe número = 56 ± 2). La detección de antocianinas se realizó con un microscopio multifotónico (LSM 880-NLO, Zeiss, Alemania) acoplado a un láser Ti: Zafiro (Chameleon Vision II, COHERENT, EUA). Los análisis se realizaron con un objetivo de inmersión (40X/1.3, NA α–0.17, Zeiss Plan NEOFLUAR) y el espectro de

fluorescencia fue determinado con el láser sintonizado a 710 nm con 1.2% de poder.

Análisis estadístico

Tres bases de datos, parámetros de color, contenido de antocianinas y emisión de fluorescencia, con sus respectivas repeticiones se realizaron para cada tratamiento. Para evaluar el efecto del tiempo de vibración en los parámetros de color se realizó un análisis ANOVA de una vía y en las variables de respuesta donde se encontró diferencia significativa se realizó una prueba de Tukey. Para comparar el contenido y emisión de fluorescencia de las antocianinas de los frutos revertidos y no revertidos se realizó una prueba *t* de Student. El nivel de significancia se estableció a $p \leq 0.05$. Ambos análisis se realizaron con el software JMP 6 (SAS Institute Inc., USA).

Resultados

Modelo para generar RC

Para identificar el tiempo mínimo de vibración al que se deben someter los frutos de zarzamora para inducir la RC, cajas de zarzamora se vibraron durante 0, 1, 3 y 5 min. La inspección visual reveló que la fruta de zarzamora vibrada por 0 y 1 min no mostró signos de RC; las muestras vibradas por 3 min presentaron algunas drupas con coloración roja, y todos los frutos sometidos a 5 min de vibración, mostraron un cambio de color característico de la RC (**Fig. 1**).



Figura 1. La vibración (frecuencia entre 10 y 15 Hz, aceleración de 0.5 g) por 5 min induce la reversión de color en frutos de zarzamora.

Para confirmar estas observaciones con valores objetivos, se realizó la medición de color. El valor de L incrementó conforme se prolongó el tiempo de exposición de los frutos a la vibración, por lo que el mayor valor de L se observó en los frutos vibrados por 5 min; en este tratamiento la luminosidad (L*) incrementó 80 % en comparación con el control (0 min de vibración) (**Cuadro 1**). Respecto a la cromaticidad (C*), los tratamientos de vibración de 0 y 1 min presentaron valores comparables, pero a partir de los 3 min de vibración, las muestras aumentaron su cromaticidad. El ángulo de matiz (h°) de los frutos vibrados por 0, 1 y 3 min permaneció entre 310° y 350° (color morado en el espacio de color), mientras que el valor de hue° se desplazó hasta los 43° (color rojo en el espacio de color) en los frutos vibrados. En conjunto, los tres parámetros de color revelaron que las muestras vibradas por 5 min presentaron RC por lo que los frutos de este tratamiento fueron seleccionados para los análisis de antocianinas.

Cuadro 1. La vibración (frecuencia entre 10 y 15 Hz, aceleración de 0.5 g) por 3 y 5 min, induce cambios en los parámetros de color (L*, C* y hueº) de los frutos de zarzamora.

Tiempo de vibración (min)	L*	C*	hº
0	15,8±0,7 D	1,2±0,2 B	324,2±3,4 C
1	18,9±0,6 C	1,7±0,2 B	310,6±3,0 D
3	23,3±0,9 B	2,7±0,3 A	353,6±4,8 B
5	28,5±0,7 A	3,1±0,2 A	43,0±3,4 A

Los datos se expresan como la media ± error estándar (n=15). Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos utilizando una prueba de Tukey.

Relación entre RC, color y contenido de antocianinas

Con el propósito de comprobar si la disminución en el contenido de antocianinas explica la RC en las zarzamoras, frutos revertidos (5 min con frecuencia de10 Hz y aceleración de 0.5 *g*) y no revertidos se almacenaron (a 1 °C durante 120 h); cada 24 h se evaluó el color y contenido de antocianinas.

En los tres parámetros de color evaluados se observaron diferencias entre los frutos revertidos y no revertidos. Durante todo el almacenamiento los frutos revertidos presentaron mayores valores de luminosidad y cromaticidad (**Cuadro 2)**. Con respecto al ángulo de matiz, frutos revertidos mostraron valores entre 28.5° y 90.2°, indicando que se encontraban en la región de color rojo-naranja; mientras que en los frutos no revertidos los valores registrados oscilaron entre 226.6° y 327.5º, indicando que los frutos mantenían su coloración azul-violeta.

En las primeras 72 h de almacenamiento, los frutos revertidos y no revertidos presentaron contenidos de antocianinas monoméricas similares; a partir de las 96 h de almacenamiento, los frutos revertidos mostraron 20 % de reducción en el contenido de antocianinas respecto de los frutos no revertidos (**Fig. 2A**).

El análisis por HPLC reveló que el perfil de antocianinas del fruto de zarzamora está conformado por cuatro antocianinas diferentes (**Fig. 2B**). Los frutos revertidos y no revertidos mostraron el mismo perfil de antocianinas durante todo el almacenamiento, lo cual indicó que el cambio de color observados en la RC no se debe a cambios en el perfil de antocianinas de los frutos.

Con el uso de un estándar, el pico 1 fue identificado como cianidina-3-glucósido. Durante las primeras 48 h de almacenamiento, los frutos revertidos y no revertidos presentaron contenidos de cianidina-3-glucósido comparables, pero a partir de las 72 h, frutos revertidos registraron 18 % menos concentración de cianidina-3-glucósido que los frutos no revertidos (**Fig. 2C**). Las tres antocianinas minoritarias mostraron una tendencia similar; en las primeras 72 h de almacenamiento no se observaron diferencias entre frutos revertidos y no revertidos, pero a las 96 h de almacenamiento, en frutos revertidos se observó una disminución entre el 20 y 25 % en comparación con frutos no revertidos (**Fig. 2D-F**).

Cuadro 2: Los frutos de zarzamora no revertidos (NR) y revertidos (R) presentan diferencias en los parámetros de color (L*, C* y hueº) durante su almacenamiento poscosecha de 120 h a 1 °C.

Tiempo	L*		C*		hº	
(horas)	NR	R	NR	R	NR	R
0	15,8±0,7B	19,1±1,1A	1,2±0,2B	3,1±0,2A	324,2±19,9A	43,0±9,6B
24	12,1±2,2B	16,0±4,1A	1,9±0,9B	6,2±0,6A	318,9±32,5A	83,9±22,4B
48	15,1±1,1B	23,7±3,7A	1,0±0,3B	4,0±0,3A	305,4±21,1A	90,2±19,1B
72	15,8±2,1B	21,9±4,3A	2,0±0,5B	5,6±0,5A	327,5±16,8A	66,0±16,8B
96	16,0±2,4B	21,3±3,1A	1,1±0,7B	5,8±0,5A	280,5±25,3A	28,5±16,0B
120	16,1±3,3B	22,9±2,8A	1,1±1,0B	4,6±0,6A	226,6±44,2A	53,0±27,9B

Los datos se expresan como la media ± error estándar (n=15). Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (frutos no revertidos y revertidos) utilizando una prueba t de Student.

Los resultados del análisis de color y antocianinas demostraron que la RC no está asociada con la disminución en el contenido de antocianinas, ya que desde la hora 0 de almacenamiento los frutos presentaban coloración roja, y el contenido de antocianinas no cambió hasta después de 72 horas de almacenamiento a 1 °C.

Cambios en aglomerados de antocianinas durante la RC

Para identificar si el cambio de color observado en los frutos con RC se debe a cambios en la estructura intracelular donde se almacenan las antocianinas; se realizaron observaciones por microscopía óptica y multifotónica en las drupas de frutos revertidos y no revertidos.

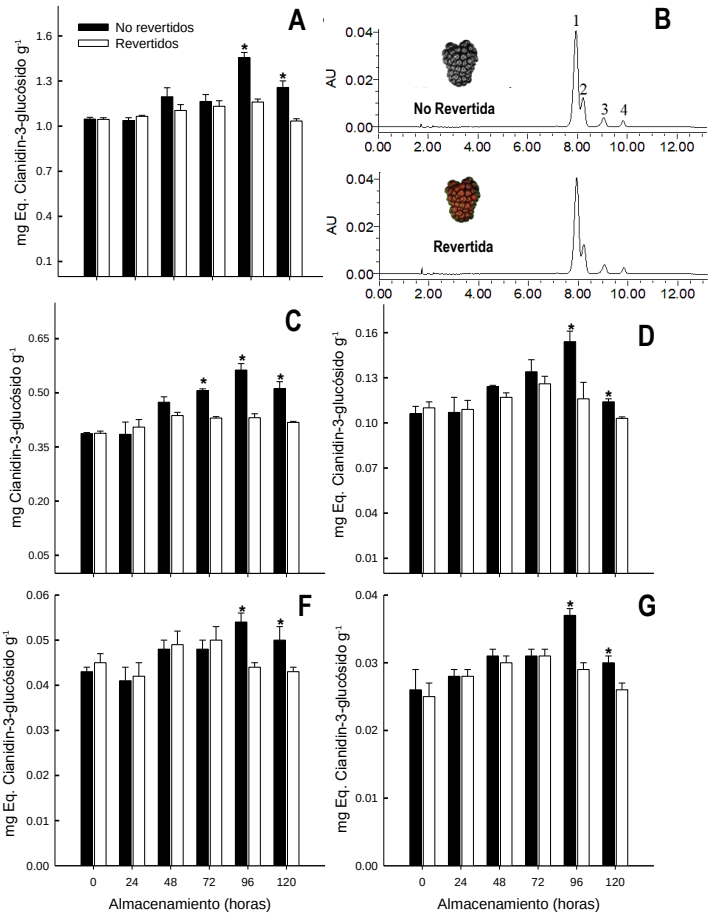


Figura 2. La Reversión de Color no está asociada a una reducción en el contenido de antocianinas. Barras indican la media ± error estándar (n=3). *indica diferencia estadística ($p < 0.05$) entre los grupos utilizando una prueba de t de Student.

Los análisis de microscopía revelaron que las antocianinas en las muestras no revertidas se encuentran en forma de aglomerados esféricos (**Fig. 3A y C**); de forma contrastante, en los frutos revertidos, las antocianinas se encuentran dispersas en el medio celular (**Fig. 3B y D**). Esto sugiere que el daño mecánico generado por la vibración afecta la estructura intracelular donde se almacenan las antocianinas, lo cual provoca su dispersión en el medio intracelular.

La intensidad de la emisión de fluorescencia es un parámetro indirecto para la detección de interacciones intermoleculares (Trouillas et al., 2016). Para evaluar si la ruptura de los aglomerados de antocianinas que se presenta en los frutos con RC provoca cambios en estas interacciones; se midió la fluorescencia que emiten las antocianinas de los frutos revertidos y no revertidos. Las antocianinas de los frutos revertidos presentaron menor intensidad de fluorescencia en comparación con las antocianinas de frutos no revertidos, sugiriendo una pérdida de interacciones intermoleculares en las antocianinas de frutos con RC (**Fig. 3E**). Debido a esto, es probable que el cambio de color que se observa en la reversión de color se debe a la pérdida de las interacciones intermoleculares de las antocianinas.

Discusión

Recientemente se ha reportado que la vibración generada durante el transporte comercial de la fruta de zarzamora es un factor que induce la RC (Gil & Beaudry, 2020; Pérez-Pérez et al., 2016). La evidencia fotográfica mostró que la vibración (frecuencia de 10-15 Hz y aceleración de 0.5 *g*) por 5 min induce la RC. Asimismo, los cambios en los parámetros CIELab demostraron que los frutos sometidos a este tratamiento (5 min de vibración con frecuencia de 10-15 Hz y aceleración de 0.5 *g*) cambiaron su color morado, oscuro y con poca intensidad a un color rojo con mayor claridad e intensidad (McGuire, 1992; Wrolstad, Durst, & Lee, 2005). Esto confirmó que la vibración es un factor asociado a la RC y que el tratamiento de 5 min de vibración a 10-15 Hz y 0.5 *g* de aceleración es un modelo adecuado para inducir la RC y estudiar el fenómeno desde el primer momento en que se manifieste en los frutos de zarzamora.

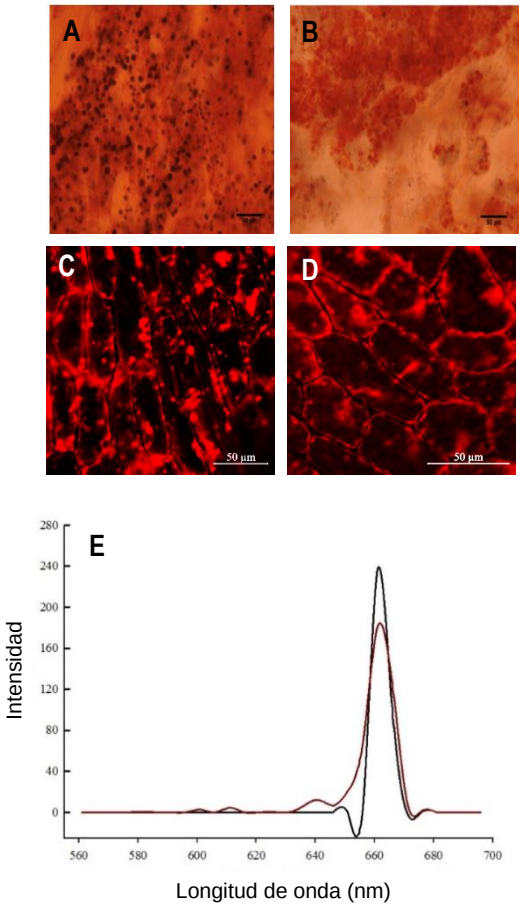


Figura 3. La Reversión de Color es asociada a la pérdida de aglomerados de antocianinas. Tejido de drupa de zarzamora observada en microscopio óptico **A)** Fruta no revertida y **B)** revertida. Tejido de drupa de zarzamora observado en microscopía multifotónica. Fluorescencia de antocianinas excitadas a λ 710 nm en **C)** Fruta no revertida y **D)** Revertida. **E**) Espectro de emission de fluorescencia de antocianinas en frutos no revertidos (línea negra) y revertidos (línea roja).

El análisis de color y de contenido de antocianinas durante el almacenamiento permitió demostrar que la RC no está asociada a la reducción del contenido de antocianinas ni a cambios en el perfil de antocianinas. Otros estudios han reportado disminución de antocianinas entre el 50 – 60 % en zarzamora con RC después de 24 h de almacenamiento (Edgley et al., 2019; Kim et al., 2019); es posible que la reducción de antocianinas reportada en frutos revertidos se debe a cambios enzimáticos que ocurren durante su almacenamiento a baja temperatura posterior a la aparición de la RC (González, de Ancos, & Cano,

2000). Pero dichos cambios no explican el mecanismo por el cual ocurre el fenómeno.

Se ha reportado que, células de maíz, a pesar de mantener el mismo contenido y perfil de antocianinas, puede presentarse un oscurecimiento en su coloración asociado con la formación de aglomerados de antocianinas (Irani & Grotewold, 2005). Esta modificación en la coloración se ha atribuido a que, dentro de los aglomerados, las antocianinas interaccionan con copigmentos como: compuestos fenólicos, taninos y otros compuestos (Chanoca et al., 2015; Markham et al., 2000; Zhang, Wang, Deroles, Bennett, & Davies, 2006). Estas interacciones antocianinas-copigmento producen un efecto hipercrómico en el espectro de absorción y fluorescencia de las antocianinas, por lo que se produce un cambio en la coloración (Trouillas et al., 2016). Debido a esto, en los frutos con RC al perderse la estructura de los aglomerados de antocianinas podría estar ocurriendo cambios en las interacciones intermoleculares de las antocianinas y que estas sean los responsables del cambio de color que presentan los frutos revertidos.

Conclusión

Los datos de este estudio revelaron que la vibración de los frutos entre 10-15 Hz y 0.5g durante 5 min induce la RC; que este cambio de coloración no está relacionado con reducción en el contenido de antocianinas; y que la pérdida estructural de aglomerados que contienen a las antocianinas podría provocar cambios moleculares de las antocianinas que expliquen el cambio de color de los frutos revertidos.

Referencias Bibliográficas

Chanoca, A., Kovinich, N., Burkel, B., Stecha, S., Bohorquez-Restrepo, A., Ueda, T., Otegui, M. S. (2015). Anthocyanin Vacuolar Inclusions Form by a Microautophagy Mechanism. *The Plant Cell, 27*(9), 2545-2559. doi:10.1105/tpc.15.00589

Edgley, M., Close, D. C., & Measham, P. F. (2020). Red drupelet reversion in blackberries: A complex of genetic and environmental factors. *Scientia Horticulturae, 272*, 109555. doi:10.1016/j.scienta.2020.109555

Edgley, M., Close, D. C., Measham, P. F., & Nichols, D. S. (2019). Physiochemistry of blackberries (Rubus L. subgenus Rubus Watson) affected by red drupelet reversion. *Postharvest Biology and Technology, 153*, 183-190. doi:10.1016/j.postharvbio.2019.04.012

Fernando, I., Fei, J., & Stanley, R. (2019). Measurement and analysis of vibration and mechanical damage to bananas during long-distance interstate transport by multi-trailer road trains. *Postharvest Biology and Technology, 158*, 110977. doi:10.1016/j.postharvbio.2019.110977

Garcıia-Viguera, C., Zafrilla, P., & Tomás-Barberán, F. A. (1997). Determination of authenticity of fruit jams by HPLC analysis of anthocyanins. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 73*(2), 207-213.

Gil, M. I., & Beaudry, R. M. (2020). *Controlled and modified atmospheres for fresh and fresh-cut produce*: Academic Press.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*(1), F1. 2.1-F1. 2.13.

González, E. M., de Ancos, B., & Cano, M. P. (2000). Partial characterization of peroxidase and polyphenol oxidase activities in blackberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*(11), 5459-5464.

Irani, N. G., & Grotewold, E. (2005). Light-induced morphological alteration in anthocyanin-accumulating vacuoles of maize cells. *BMC Plant Biology, 5*(1), 1-15.

Kim, M. J., Lee, M. Y., Shon, J. C., Kwon, Y. S., Liu, K.-H., Lee, C. H., & Ku, K.-M. (2019). Untargeted and targeted metabolomics analyses of blackberries–Understanding postharvest red drupelet disorder. *Food Chemistry, 300*, 125169.

Markham, K. R., Gould, K. S., Winefield, C. S., Mitchell, K. A., Bloor, S. J., & Boase, M. R. (2000). Anthocyanic vacuolar inclusions—their nature and significance in flower colouration. *Phytochemistry, 55*(4), 327-336.

McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience, 27*(12), 1254-1255.

Pérez-Pérez, G., Fabela-Gallegos, M., Vázquez-Barrios, M., Rivera-Pastrana, D., Palma-Tirado, L., Mercado-Silva, E., & Escalona, V. (2016). *Effect of the transport vibration on the generation of the color reversion in blackberry fruit.* Paper presented at the VIII International Postharvest Symposium: Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits-Ethical and Technological Issues 1194.

Trouillas, P., Sancho-García, J. C., De Freitas, V., Gierschner, J., Otyepka, M., & Dangles, O. (2016). Stabilizing and modulating color by copigmentation: Insights from theory and experiment. *Chemical reviews, 116*(9), 4937-4982.

Wrolstad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science & Technology, 16*(9), 423-428.

Yang, J., Ou, X., Zhang, X., Zhou, Z., & Ma, L. (2017). Effect of different solvents on the measurement of phenolics and the antioxidant activity of mulberry (Morus atropurpurea Roxb.) with accelerated solvent extraction. *Journal of Food Science, 82*(3), 605-612.

Zhang, H., Wang, L., Deroles, S., Bennett, R., & Davies, K. (2006). New insight into the structures and formation of anthocyanic vacuolar inclusions in flower petals. *BMC Plant Biology, 6*(1), 1-14.

Crecimiento químico en solución de materiales para foto-resistores

P. D. Gómez-Barrales*, A. A. Gutiérrez-Gil, M. Serrano-Romero, Y. Jiménez-Flores, Ma. Del C. Alcántara-Téllez, M.B. Ortuño-López**.
Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro.

Primer autor: *l19140247@queretaro.tecnm.mx
Autor de correspondencia: **monica.ol@queretaro.tecnm.mx

Resumen

Se sintetizaron y procesaron materiales para el diseño de sensores de radiación o también llamados foto-resistores mediante los métodos químicos de crecimiento en solución DBQ y SILAR. Se caracterizaron las propiedades ópticas y eléctricas de los materiales PbS, CdS y ZnS, incluyendo en algunos casos perfiles de impurificación para el análisis de las mejoras de sus respuestas. Fue posible la fabricación de los componentes de PbS, encontrando en su evaluación preliminar una baja dispersión en los datos de resistencia eléctrica en el tiempo, lo que evidencia la homogeneidad de la respuesta de dicho material. Las películas dopadas con cobre (CdS:Cu y ZnS:Cu) presentan características ópticas y eléctricas apropiadas para el diseño de componentes electrónicos, como la sintonización de su ancho de banda (Eg) característico y variaciones significativas en la resistencia eléctrica, ambas como función tanto del perfil del dopaje como del espesor de los materiales.

Palabras Clave: foto-resistores, PbS, CdS, ZnS, DBQ, SILAR.

Abstract

Materials for the design of radiation sensors or also called photoresistors were synthesized and processed using the chemical methods of growth in solution DBQ and SILAR. The optical and electrical properties of the PbS, CdS and ZnS materials were characterized, including in some cases doping profiles for the analysis of the improvements in their responses. It was possible to manufacture the PbS components, finding in its preliminary evaluation a low dispersion in the electrical resistance data over time, which shows the homogeneity of the response of said material. Copper-doped films (CdS:Cu and ZnS:Cu) present appropriate optical and electrical characteristics for the design of electronic components, such as the tuning of their characteristic band gap energy (Eg) and significant variations in electrical resistance, both as a function of the doping profile and the thickness of the materials.

Keywords: photo-resistors, PbS, CdS, ZnS, DBQ, SILAR.

Introducción

Recientemente la demanda de productos electrónicos se ha visto incrementada debido a la situación mundial actual que ha incrementado la necesidad de actividades remotas, donde son indispensables dispositivos tecnológicos de comunicación. Taiwán, Corea del Sur y otros países del bloque Asia-Pacífico, considerados como potencias en la manufactura de componentes y dispositivos electrónicos *(Zavala, 2014)*, han enfocado sus esfuerzos para la satisfacción de la alta demanda lo que ha afectado severamente a algunos otros sectores específicos que también requieren de estas tecnologías.

La escasez de componentes semiconductores que son parte de los suministros del sector automotriz ha llevado a pérdida millonarias a las empresas productoras de automóviles por ventas no realizadas solo en el 2021. Debido a la presencia de la COVID-19, varias cadenas de producción de microprocesadores para automóviles fueron afectadas y redirigidas hacia la producción de componentes para dispositivos de comunicación como computadoras y celulares *(Kelion, 2021; Biswas R., 2021).*

Esta problemática mundial ha generado reflexiones sobre las áreas de oportunidad de la industria de los semiconductores, la cual debe satisfacer altas demandas y al mismo tiempo implementar

tecnologías más económicas y amigables con el ambiente. En las últimas décadas, la síntesis de películas delgadas con propiedades semiconductoras han sido objeto de arduo estudio por su gran potencial de aplicaciones y la posible incorporación de técnicas de fabricación y procesamiento más sostenibles.

Semiconductores obtenidos y procesados adecuadamente, tienen la capacidad de modular sus propiedades ópticas y eléctricas bajo ciertas condiciones y para diferentes necesidades. Así que una película delgada semiconductora de un material determinado, al tener espesores de 20 a 1000 nm (*Mazón, 2009*), presenta fenómenos especiales que no se presentan en un material en "bulk" o en volumen, lo que pueden tener efectos significativos en las propiedades de dicho material.

Las películas delgadas de semiconductoras tienen aplicaciones que van desde materiales ventanas para celdas solares *(Liu, F et al.,2010)*, construcción de transistores de películas delgadas (TFT) *(Arreola-Jardón, G. et al., 2010)*, polarizadores, detectores IR, sensores *(Pathan, H. M., & Lokhande, C. D., 2004)*, diodos *(Willars-Rodríguez, 2020)*, entre otras.

Existen diversos métodos para la síntesis de estos materiales, dentro de los cuales destacan el rocío pirolítico (*sputtering),* la Deposición Química en Fase Vapor (CVD) o el Depósito en Plasma *(Kelly, 2000; Shishir et al, 2011)*. El primero, involucra un bombardeo de partículas altamente energéticas sobre el material fuente para que este sea adherido sobre un sustrato, lo que requiere condiciones de vacío para la inmersión de gases inertes y altos requerimientos energéticos. El segundo y el tercer método deposita las especies químicas mediante un gas portador o plasma, y al igual que el primero deben asegurar condiciones de alto vacío para el control de la pureza de los materiales producidos. Estos son solo algunos ejemplos de las técnicas convencionales de la industria electrónica, cuyo grado de sofisticación por instrumentación y el riguroso control de calidad que exige su práctica, representan un coste económico y ambiental muy alto.

Películas delgadas de sulfuros de metales tales como CdS, PbS y ZnS, han sido sintetizadas por métodos más sostenibles, como los basados en la técnica de Depósito en Baño Químico (DBQ) que, consiste en reacciones en solución acuosa donde interfieren agentes químicos precursores de iones de un metal y de iones de azufre. También incluyen una fuente de iones hidroxilo para el ajuste del pH del sistema y un agente complejante de los iones metálicos libre en solución. La función del agente complejante es retardar la disponibilidad de los iones metálicos y con ello controlar la formación gradual de la película. También puede ser útil la presencia de una solución amortiguadora, para controlar los cambios de pH que alteren los equilibrios fisicoquímicos que favorecen la adhesión y crecimiento de la película.

DBQ es una técnica muy versátil, de bajo costo y temperatura, de sencilla instrumentación, y con buen potencial para ser escalable (*Oliva, A. I., Corona, J. E., Patiño, R., & Oliva-Avilés, A. I., 2014*). Por métodos DBQ es posible la obtención de películas semiconductoras de buena calidad, homogéneas y bien adheridas a su sustrato, en temperaturas desde la ambiental y hasta 90°C, y sin liberación de gases tóxicos al ambiente (*Diaz-Grijalva, O. I. et al., 2020).*

Por otra parte, la técnica SILAR (Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction), ha demostrado su eficiencia en el dopaje de películas delgadas semiconductoras con una gran variedad de elementos en diferentes proporciones, *(Pathan, H. M., & Lokhande, C. D., 2004)*. Al igual que DBQ, no requiere de altas temperaturas y es un método de bajo costo. En este proceso, las películas son obtenidas mediante la inmersión de los sustratos en soluciones precursoras, y enjuagados entre cada inmersión en agua desionizada *(Pathan, H. M., & Lokhande, C. D., 2004).*

El CdS presenta un band gap cercano a los 2.5 eV a temperatura ambiente *(Senthil, K., Mangalaraj, D., & Narayandass, S. K. ,2001),* con un borde de absorción característico cercano a los 500 nm, es un semiconductor del tipo n, aunque, existen reportes donde se logra su cambio a un tipo p *(Heredia Cancino, J. A., 2013*). Las películas obtenidas mediante DBQ, presentan resistividades del orden de los $10^8 - 10^{10} \Omega\, cm$ *(Khallaf, H et al., 2009),* este valor de resistividad es muy elevado, no obstante, la

inclusión de ciertas impurezas puede afectar las propiedades eléctricas de las películas. El sulfuro de cadmio dopado con cobre ha sido reportado como una opción ventajosa debido a su fotosensibilidad, pudiendo incrementar su resistividad con ausencia de luz, pero disminuyéndola cuando es iluminada *(Diaz-Grijalva, et al., 2020),* por lo que ha sido material ideal para el diseño de componentes foto-resistores comerciales.

Otro material que ha demostrado ser útil en el diseño de foto-resistores es el PbS el cual tiene un band gap bajo de 0.41 eV, lo que explica su alta sensibilidad a la radiación (*Choudhury, N., & Sarma, B. K., 2008*). El PbS es menos resistivo que el CdS con valores en el intervalo los $10^5 - 10^6 \Omega\, cm$ (*Pentia, E., Pintilie, L., Matei, I., Botila, T., & Ozbay, E., 2001*), es un semiconductor del tipo p, sin agregar impurezas (C*ohen*, F., 2018). También para este material se ha reportado la inclusión de impurezas que producen una disminución de su ancho de banda prohibida, transformando al PbS dopado en un material más conductor que antes.

Por su parte el ZnS es un material con propiedades similares al CdS *(Saidzhonov, B. y col., 2019)*, sin ser considerado nocivo para la salud. Es un semiconductor tipo n, que por sus propiedades ópticas puede ser aplicado como ventana en componentes optoelectrónicos *(Bergstresser, T. K., & Cohen, M. L., 1967)*. Presenta un borde de absorción característico cercano a 340 nm (*Ves, S. y col., 1990*) y un band gap de 3.6 eV a temperatura ambiente; pero este valor puede modularse entre 3.8 y 3.9 eV, en función del control de la estructura en que cristaliza, Zinc blenda o Wurtzita *(Xiaosheng, F. y col. 2011*).

Heywang, H & Schauer, A, (1974), indican que las principales razones del desarrollo de tecnología de películas delgadas son la miniaturización, la confiabilidad y el amplio rango de aplicaciones que tienen. Debido a que las distancias entre los elementos de los circuitos de película delgada pueden ser extremadamente pequeñas, es posible una baja resistencia del conductor entre los componentes. A grandes rasgos, un foto-resistor o también llamado fotosensor, es un componente que tiene la propiedad de variar su valor de resistencia dependiendo de la intensidad de luz que se le hace incidir, este valor disminuirá cuando la intensidad de luz sea grande, y aumentará cuando la intensidad disminuya *(Diaz-Grijalva, et al., 2020).*

En este proyecto se desarrollaron foto-resistores de película delgada de CdS, PbS y ZnS. Como parte de los métodos de síntesis se incluyó la incorporación de elementos metálicos para la impurificación de los materiales por un método SILAR. Se caracterizaron las propiedades ópticas y eléctricas y se evaluó por métodos estadísticos la reproducibilidad de las propiedades de los componentes acondicionados.

Metodología

Obtención de las películas

La obtención de las películas semiconductoras se llevó a cabo mediante varios métodos basados en la técnica DBQ, se mencionan a continuación las características de los parámetros experimentales de cada método.

Sulfuro de Plomo
En un vaso de precipitado se añadieron las siguientes sustancias en su respectivo orden, 10 ml de nitrato de plomo (0.25M), 10 ml de hidróxido de potasio (1M), 2 ml de trietanolamina (1M) y 6 ml de tiourea (1M) y lo que resta para 80 ml de agua desionizada. Los mismos 5 sustratos fueron colocados en el reactor y este fue llevado al baño caliente a una temperatura de 50°C, para esta reacción fue necesario evitar que el reactor esté en contacto con la luz, ya que esta reacción es fotosensible. Las películas fueron retiradas después de 3 horas de depósito, y dejadas secar al aire libre.

Sulfuro de Cadmio
Con referencia en el trabajo publicado por Contreras y col., (2018), la fórmula de las películas en orden fue la siguiente; 20 ml de cloruro de cadmio (0.05M), 2.5 ml de citrato de sodio (1M), 0.5 ml de hidróxido de potasio (1M), 10 ml de Buffer de Borato, 5 ml de tiourea (1M) y lo que resta para 50 ml de agua desionizada (12 ml). En un vaso de precipitado se añadieron las sustancias previamente listadas,

posteriormente se introdujeron 5 sustratos de vidrio previamente mantenidos en agua desionizada, el reactor se llevó a un baño caliente a una temperatura de 80°C. Las películas fueron retiradas a los 90 minutos, para luego ser enjuagadas con agua corriente y secadas al aire libre.

Sulfuro de Zinc
En un vaso de precipitado se añadieron las siguientes sustancias en su respectivo orden, 10 ml de sulfato de zinc (0.1M), 10 ml de citrato de sodio (0.5M), 2 ml de hidróxido de potasio (0.5M), 10 ml de solución buffer pH-10 y 15 ml de tiourea (0.5M) y lo que resta para 50 ml de agua desionizada. Los mismos 5 sustratos fueron colocados en el reactor y este fue llevado al baño caliente a una temperatura de 70°C. Las películas fueron retiradas después de 30, 60 y 120 minutos, se lavaron con agua y limpiaron con algodón, fueron dejadas secar al aire libre.

Procesamiento de las películas de CdS y ZnS

En el caso de las películas de CdS y ZnS que tienen una naturaleza altamente resistiva al paso de la corriente eléctrica, se aplicó un tratamiento posterior a la síntesis de las películas. Se realizó un método SILAR con el objeto de lograr cambios en las propiedades eléctricas, a partir de un dopaje o impurificación de las películas con iones de cobre. Dicho método consistió en la inmersión de las películas en una solución de nitrato de cobre (0.1M), por 8, 12 y 16 segundos.

Acondicionamiento de películas para los foto-resistores

Una vez que las películas fueron obtenidas y con ayuda de un cortador de vidrio con punta de diamante, estas fueron cortadas a la medida de 1 cm^2. Luego se dibujaron contactos en los extremos paralelos de los componentes con tinta conductiva de cobre, plata y platino.

Caracterización óptica y eléctrica

Se analizaron las propiedades ópticas de las películas depositadas mediante un Espectrofotómetro UV-VIS *(Hatch DR6000)*. Como parte esencial de esta caracterización, se determinó la energía de banda prohibida (Eg), estimada mediante datos de absorción a través de interpolación lineal de la gráfica de *Tauc* $[(\alpha h\nu)^2$ vs $h\nu]$.

Una vez acondicionados los componentes, se determinó la resistencia eléctrica mediante la técnica de 4 puntos empleando un multímetro digital de la marca *Keithley 2110-120*. Se utilizó el software *KickStart 2* para configurar los parámetros del método de medición empleado para esta caracterización eléctrica, siendo de 0 a 8 segundos el intervalo de tiempo de medición y 100 mediciones para dicho período de tiempo. El instrumento tomó mediciones de resistencia eléctrica bajo dichos parámetros, para cada uno de los componentes, tanto en condiciones de iluminación como de oscuridad.

Se determinaron medidas de dispersión estadística en las propiedades eléctricas de los componentes, para evaluar la repetibilidad de la resistencia eléctrica de los foto-resistores fabricados.

Resultados

Evaluación de foto-resistores de PbS

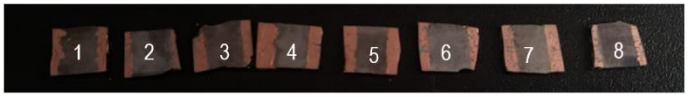


Figura 1. Foto-resistores de PbS de 1 cm^2 acondicionados por un método manual con contactos de pintura conductiva de Cu, Ag y Pt.

La Figura 1 muestra la imagen de una serie de ocho foto-resistores de película fina de PbS obtenidas por la metodología utilizada.

En la figura 2 se muestran los resultados de la resistencia eléctrica promedio de los fotosensores de PbS en condiciones de iluminación y de obscuridad. De la gráfica es clara la tendencia en la disminución de la resistencia eléctrica cuando los sensores son expuestos a la iluminación, mientras que su resistencia es mayor en la obscuridad. Esto demuestra que los sensores tienen potencial para funcionar para esta aplicación *(Diaz-Grijalva, et al., 2020)*. No obstante, se observan una dispersión significativa entre componentes, que puede deberse a la poca precisión lograda por el método manual de

acondicionamiento. Hasta el momento no estamos logrando una buena reproducibilidad de las propiedades eléctricas de estos componentes por lo que el método de acondicionamiento debe mejorar significativamente.

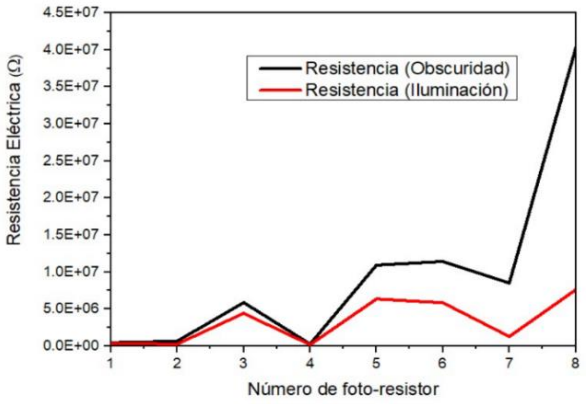


Figura 2. Resistencia eléctrica de los foto-resistores en condiciones de obscuridad y de iluminación.

La Figura 3 muestra el comportamiento eléctrico de los sensores medidos en condiciones de oscuridad, aquí se puede observar de nuevo que los valores de resistencia en general presentan una dispersión significativa en el intervalo de tiempo medido; y al mismo tiempo 2 grupos de sensores presentan valores muy similares como 1, 2 y 4, y por otro lado 5 y 6.

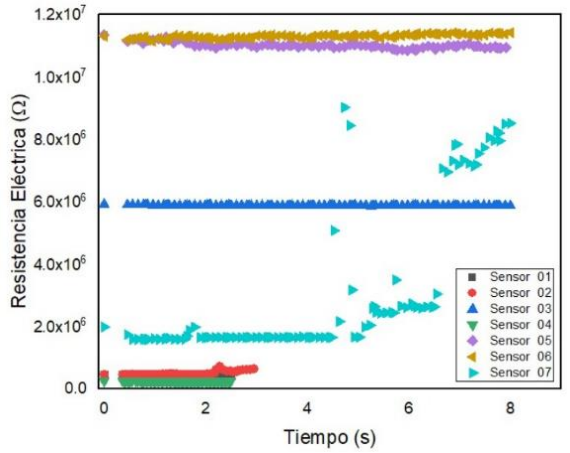


Figura 3. Resistencia eléctrica de los foto-resistores de PbS medidas en condiciones de obscuridad.

Estos resultados, corroboran lo antes analizado el método de acondicionamiento manual de los sensores no es óptimo, las irregularidades y la diferencia de distancias entre los contactos de los sensores no son iguales en todos los casos, lo que se puede observarse en la figura 1.

De los resultados de resistencias eléctricas de la figura 3 se puede rescatar la homogeneidad de los datos de resistencia eléctrica en el tiempo, que es una característica que, si se puede relacionar con la calidad de los materiales sintetizados, de forma independiente a las deficiencias en el método de acondicionamiento. Los datos del cálculo del coeficiente de variación para cada sensor mostrados en la tabla 1, demuestran la baja dispersión entre estos valores de resistencia eléctrica de forma cuantitativa.

Tabla 1. Valores de resistencia eléctrica en condiciones de iluminación y obscuridad.

Componente	Resistencia Eléctrica en Iluminación (kΩ)	% CV	Resistencia Eléctrica en Obscuridad (kΩ)	% CV
Sensor 1	319.94	6.26	457.74	6.00E-02
Sensor 2	254.87	13.49	652.06	10.44
Sensor 3	4420	1.80E-01	5880	1.30E-01
Sensor 4	183.9	5.00E-02	256.43	2.00E-02
Sensor 5	6360	1.90E-01	10930	8.40E-01
Sensor 6	5850	2.60E-01	11420	5.30E-01
Sensor 7	1270	4.85	8510	76.76
Sensor 8	7600	1.5	40260	6.20E-01

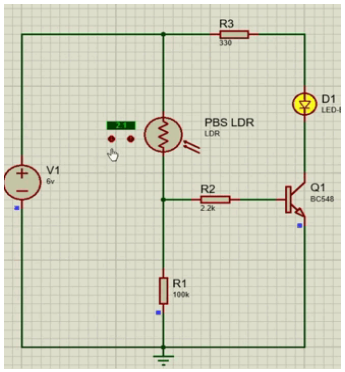


Figura 4. Circuito para la aplicación del fotosensor LDR de película delgada de PbS.

La figura 4 muestra una propuesta de aplicación en el campo de la electrónica. Es un circuito acondicionado

para un LDR que puede excitar la base de un transistor BC548 si hay una incidencia de luz. Como resultado, un LED se enciende cuando hay luz y se apaga cuando no la hay.

La caracterización óptica de los foto-resistores de PbS se realizó a partir de una técnica de Espectroscopía de Reflexión y Transmisión con la que se identificó el borde de absorción característico del ubicado alrededor de los 625 nm. También logró cuantificar una alta reflexión de la región ultravioleta, visible e infrarroja cercana del espectro electromagnético (35 al 60%). Por lo que estos materiales pueden a su vez servir como buenos filtros de la radiación.

Evaluación de CdS impurificado con Cu (CdS:Cu)

La figura 5 muestra los resultados de la caracterización óptica de las películas de CdS. Los espectros de transmisión fueron generados mediante un Espectrofotómetro UV-Vis, obteniendo datos en función de la longitud de onda de la radiación de todo el espectro visible y parte del ultravioleta e infrarrojo cercano, para las películas de CdS dopadas con iones de cobre en tiempos variables de impurificación de 4, 8, 12 y 16 segundos.

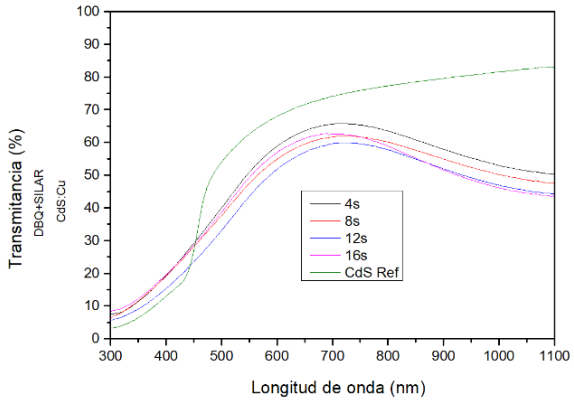


Fig. 5 Espectros de transmisión de las películas de CdS (90 min) dopadas con Cu mediante SILAR.

De acuerdo con los espectros de la figura 5, los materiales obtenidos conservan propiedades de transmisión similares a las películas de CdS sin dopar. Encontramos que se trata de recubrimientos con alto grado de transparencia en la región visible, aunque menor al grado de transmitancias del recubrimiento de CdS puro, que alcanza el 75 a 80 % de transmisión. También se observa que los recubrimientos son opacos en la región del ultravioleta con un borde alrededor de los 500 nm.

Mediante el método de *Tauc* se determinó la energía de la banda gap (Eg) de las películas. De los resultados de la tabla 2 se puede apreciar una tendencia en la disminución de la Eg con la incorporación de cobre, efecto que se pierde a los 16 segundos de procesamiento. La disminución del Eg debidos a la incorporación de Cu, se pueden correlacionar teóricamente con la disminución de la resistencia eléctrica de estos materiales.

Tabla 2. Band gaps (eV) correspondientes a los diferentes tiempos de dopaje mediante SILAR para películas de CdS

CdS: Cu 4 s	CdS: Cu 8 s	CdS: Cu 12 s	CdS: Ref. 90 min
2.674	2.649	2.603	2.636

La caracterización eléctrica preliminar de estos materiales de demuestra que el dopaje con Cu tiende a disminuir la resistividad eléctrica del material en magnitudes de unidades de mega ohms a kilo ohms. Lo que clarifica el gran potencial para la aplicación de estos materiales en el diseño de fotosensores de CdS:Cu.

Evaluación de ZnS impurificado con Cu (ZnS:Cu)

Macroscópicamente las películas de ZnS cambiaron de incoloras a color ámbar como consecuencia del tratamiento SILAR con Cu. En la figura 6 se muestra el espectro de transmisión de las películas delgadas de ZnS dopadas con cobre, mostrando la alta transmisión esperada en todo el espectro UV-Vis, y aún mayor para la película de ZnS sin dopar, también como se esperaba por el análisis macroscópico de sus características ópticas.

En estos espectros se aprecia el borde de absorción característico del ZnS, ubicado cerca de los 346 nm. Se observa también la influencia del tiempo de depósito en el índice de crecimiento o espesor de los

recubrimientos, en términos generales, a mayor tiempo de depósito mayor espesor, mayor absorción y menor transmisión.

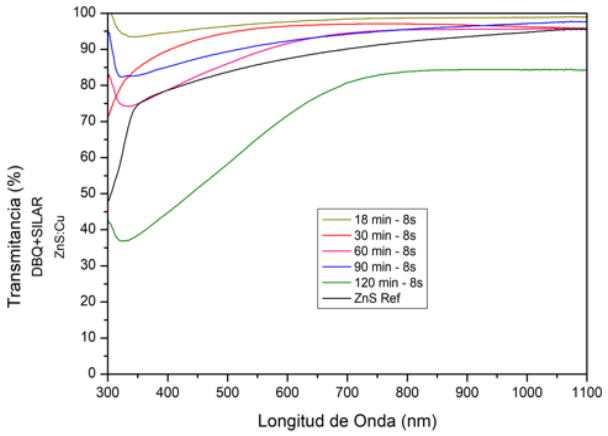


Fig. 6 Espectros de transmisión de las películas de ZnS dopadas con Cu mediante SILAR

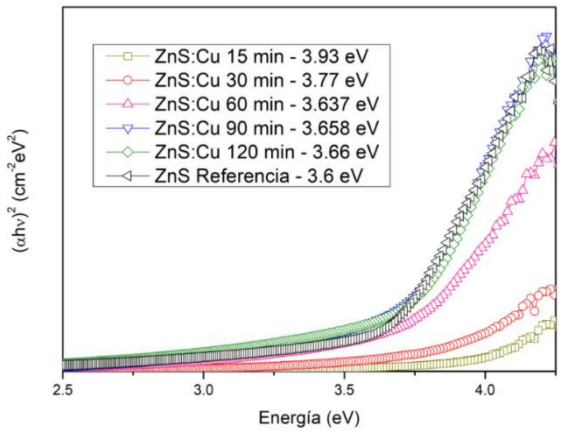


Fig. 7 Gráfica de *Tauc* para el cálculo de Eg de ZnS:Cu

La figura 7 muestra la gráfica de *Tauc* para el cálculo de las Eg de las películas de ZnS:Cu, nótese el efecto en la modificación de esta propiedad con el aumento de depósito de la película de ZnS. Por estos resultados se pueden esperar efectos similares en las propiedades eléctricas de este material, y en consecuencia un buen comportamiento de estos materiales como foto-resistor controlando su espesor.

Conclusiones

Se diseñaron, fabricaron y caracterizaron eléctricamente, foto-resistores de película delgada de PbS. Las propiedades eléctricas medidas en condiciones de iluminación y obscuridad de cada foto-resistor PbS, son consistentes con la respuesta esperada para un material fotosensible. Se demostró la estabilidad de las propiedades eléctricas a lo largo del tiempo en los foto-resistores de PbS fabricados. La dispersión de los datos de resistencia entre componentes muestra que existen oportunidades de mejora en la metodología de acondicionamiento manual de los sensores.

Se realizó la síntesis, procesamiento y caracterización óptica de las películas dopadas de CdS y ZnS, demostrando con ello el gran potencial de CdS:Cu y ZnS:Cu como componentes electrónicos funcionales. Como perspectiva y seguimiento inmediato de este trabajo de investigación, queda pendiente la fabricación, acondicionamiento y evaluación eléctrica de componentes foto-resistores de estos materiales.

Referencias

1. Arreola-Jardón, G., González, L. A., García-Cerda, L. A., Gnade, B., Quevedo-López, M. A., & Ramírez-Bon, R. (2010). Ammonia-free chemically deposited CdS films as active layers in thin film transistors. *Thin Solid Films*, *519*(1), 517-520.
2. Bergstresser, T. K., & Cohen, M. L. (1967). Electronic structure and optical properties of hexagonal CdSe, CdS, and ZnS. Physical review, 164(3), 1069.
3. Biswas, R. (2021, 26 julio). Global electronics industry faces continuing supply disruptions. IHS Markit. https://ihsmarkit.com/research-analysis/global-electronics-industry-faces-continuing-supply-disruptions-Jul21.html
4. Choudhury, N., & Sarma, B. K. (2008). Structural characterization of nanocrystalline PbS thin films synthesized by CBD method.
5. Cohen Cancio, F. J. (2018). Fabricación y caracterización de la celda solar con estructura PbS/CdS depositada por el método de baño químico (Master's thesis, COHEN CANCIO, FRANCISCO JAVIER). http://148.225.114.121/bitstream/unison/3329/1/cohencancio franciscojavierm.pdf
6. Contreras Serrato, A., Copado Padilla, B. P., Ortuño López, M. B., Barreiro Rodríguez, G., & Sánchez, J. (2018). Estudio de condiciones idóneas para la síntesis química sostenible de materiales semiconductores con propiedades optoelectrónicas, estudio de repetibilidad. NTHE, 81–86. http://www.nthe.concyteq.edu.mx/

7. Diaz-Grijalva, O. I., Berman-Mendoza, D., Flores-Pacheco, A., López-Delgado, R., Ramos-Carrazco, A., & Alvarez-Ramos, M. E. (2020). Cu-doped CdS thin films by chemical bath deposition and ion exchange. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, *31*(2), 1722-1730.
8. Heredia Cancino, J. A. (2013). Efecto del tratamiento térmico con cloruro de cadmio sobre películas de CdS libres de amonio.
9. Heywang, H. & Schauer, A., (1975). State of the Art of Thin Film Components", Active and Passive Electronic Components, vol. 2, Article ID 367238, 6 pages https://doi.org/10.1155/APEC.2.61
10. Kelion, L. (10 de 02 de 2021). BBC NEWS MUNDO. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias-55955119
11. Khallaf, H., Chai, G., Lupan, O., Chow, L., Park, S., & Schulte, A. (2009). Characterization of gallium-doped CdS thin films grown by chemical bath deposition. *Applied surface science*, *255*(7), 4129-4134
12. Liu, F., Lai, Y., Liu, J., Wang, B., Kuang, S., Zhang, Z., ... & Liu, Y. (2010). Characterization of chemical bath deposited CdS thin films at different deposition temperature. *Journal of alloys and compounds*, *493*(1-2), 305-308.
13. Mazón Montijo, D. A. (2009). *Síntesis de películas delgadas de sulfuro de cadmio (CdS) en diferentes sustratos por depósito en baño químico (DBQ): estudio de su proceso de crecimiento* (Master's thesis, MAZON MONTIJO, DALIA ALEJANDRA).
14. Oliva, A. I., Corona, J. E., Patiño, R., & Oliva-Avilés, A. I. (2014). Chemical bath deposition of CdS thin films doped with Zn and Cu. *Bulletin of Materials Science*, *37*(2), 247-255.
15. Pathan, H. M., & Lokhande, C. D. (2004). Deposition of metal chalcogenide thin films by successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method. *Bulletin of Materials Science*, *27*(2), 85-111.
16. F.J. Willars-Rodríguez, I.R. Chávez-Urbiola, R. Ramírez-Bon, P. Vorobiev, Yu.V. Vorobiev. (2020). Effects of aluminum doping in CdS thin films prepared by CBD and the performance on Schottky diodes TCO/CdS:Al/C, Journal of Alloys and Compounds, Volume 817, 2020, 152740, ISSN 0925-8388, https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.152740..
17. P.J Kelly, R.D Arnell. (2000). Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications, Vacuum, Volume 56, Issue 3, Pages 159-172, ISSN 0042-207X, https://doi.org/10.1016/S0042-207X(99)00189-X.
18. Shishir Kumar, Niall McEvoy, Hye-Young Kim,Kangho Lee, Nikos Peltekis, Ehsan Rezvani, Hugo Nolan, Anne Weidlich, Ronan Daly, Georg S. Duesberg. (2011). Crecimiento de CVD y procesamiento de grafeno para aplicaciones electrónicas. https://doi.org/10.1002/pssb.201100179
19. Pentia, E., Pintilie, L., Matei, I., Botila, T., & Ozbay, E. (2001). *Chemically prepared nanocrystalline PbS thin films*. NATIONAL INST OF MATERIALS PHYSICS BUCHAREST (ROMANIA).
20. Saidzhonov, B. M., Kozlovsky, V. F., Zaytsev, V. B., & Vasiliev, R. B. (2019). Ultrathin CdSe/CdS and CdSe/ZnS core-shell nanoplatelets: The impact of the shell material on the structure and optical properties. Journal of Luminescence, 209, 170-178.
21. Senthil, K., Mangalaraj, D., & Narayandass, S. K. (2001). Structural and optical properties of CdS thin films. *Applied surface science*, *169*, 476-479
22. Ves, S., Schwarz, U., Christensen, N. E., Syassen, K., & Cardona, M. (1990). Cubic ZnS under pressure: Optical-absorption edge, phase transition, and calculated equation of state. Physical Review B, 42(14), 9113.
23. Xiaosheng, F., Tianyou, Z., Ujjal, K.G., Liang, L., Limin, W., Yoshio, B., Dmitri, G. (2011). ZnS nanostructures: From synthesis to applications. Progress in Materials Science. Volume 56, Issue 2. Pages 175-287. ISSN 0079-6425. https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2010.10.001.
24. Zavala Aznar, G. (2014). Industria Electrónica. Ciudad de México: ProMéxico. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76339/141216_DS_Electronico_ES.pdf

Bacterias deterioradoras y su control con bacteriófagos

IQAl. Alexia Joana López Gachuzo, Dra. Sofía Ma. Arvizu Medrano, Dr. Mauricio A. Redondo Solano, Dra. Dalia E. Miranda Castilleja. Dra. Silvia L. Amaya Llano. Universidad Autónoma de Querétaro. Contacto: alexia-joana@outlook.com

Resumen

El deterioro de alimentos involucra cambios físicos y químicos indeseables de los productos, que hace que sean inaceptables para el consumidor. Las bacterias ácido lácticas (BAL) y ácido acéticas (BAAC) actúan como deterioradoras en bebidas fermentadas, produciendo biopelículas y elevando la viscosidad de dichos productos; además pueden tener actividad durante la fermentación o maduración de bebidas alcohólicas como vino, sidra y cerveza.

Una estrategia de control para la actividad de estas bacterias puede ser los bacteriófagos, que son virus específicos que infectan solamente a las bacterias. Estos virus se han probado en alimentos cárnicos y lácteos, sin embargo, su aplicación podía ampliarse a otras matrices alimentarias.

El objetivo es aislar e identificar BAL y BAAC deterioradoras de bebidas fermentadas para evaluar su susceptibilidad a bacteriófagos; para ello se aislaron estos microorganismos de aguas residuales, superficies y productos de cervecerías artesanales. Se probaron cepas de BAL y BAAC con bacteriófagos aislados. Seis cepas de BAL mostraron susceptibilidad a una concentración de bacteriófagos de $1x10^4$ UFP/ml, ya que redujeron la población de BAL en células suspendidas 3-4 Log UFC/ml. El bacteriófago “N” tuvo efecto en tres cepas diferentes de BAL. Mediante la prueba de puntos, 3 cepas de BAAC fueron susceptibles a 3 fagos distintos.

En este estudio se demostró que algunas cepas de BAL en suspensión y de BAAC son susceptibles a bacteriófagos, y que algunos bacteriófagos ejercen efecto antimicrobiano sobre más de un tipo específico de bacterias. Algunos bacteriófagos muestran potencial para aplicarse en bebidas fermentadas para prevenir su deterioro.

Abstract

Food spoilage involves undesirable physical and chemical changes to the products, which make them unacceptable to the consumer. Lactic acid (LAB) and acetic acid (AAB) bacteria act as spoilage in fermented beverages, producing biofilms and raising the viscosity of these products; they can also be active during the fermentation or maturation of alcoholic beverages such as wine, cider and beer.

A control strategy for the activity of these bacteria can be bacteriophages, which are specific viruses that infect only bacteria. These viruses have been tested in meat and dairy foods, however, their application could be extended to other food matrices.

The objective is to isolate and identify deteriorating LAB and AAB of fermented beverages to evaluate their susceptibility to bacteriophages; For this, these microorganisms were isolated from wastewater, surfaces and craft brewery products. LAB and AAB strains were tested with isolated bacteriophages. Six strains of LAB showed susceptibility to a bacteriophage concentration of $1x10^4$ PFU / ml, since they reduced the population of LAB in suspended cells by 3-4 Log CFU / ml. Bacteriophage "N" had an effect on three different strains of LAB. By point testing, 3 AAB strains were susceptible to 3 different phages.

In this study, it was shown that some strains of LAB in suspension and AAB are susceptible to bacteriophages, and that some bacteriophages exert antimicrobial effect on more than one specific type of bacteria. Some bacteriophages show potential to be applied in fermented beverages to prevent spoilage.

Palabras clave
Bebidas fermentadas, bacterias ácido lácticas, bacterias ácido acéticas, bacteriófagos, deterioro de cerveza.

Keywords
Fermented beverages, lactic acid bacteria, acetic acid bacteria, bacteriophages, beer spoilage.

Introducción
El incremento global de la población tiene como resultado un aumento en la demanda de alimentos. Todos los alimentos tienen la probabilidad de desperdiciarse, en mayor o menor medida, en todo el mundo y en todas las etapas de la cadena alimentaria. Las pérdidas de alimentos afectan negativamente la seguridad alimentaria y la nutrición de las poblaciones (Petruzzi y col., 2017).

El deterioro de alimentos se puede generar por actividad de ácaros o insectos, actividad enzimática o reacciones químicas propias del alimento, y la más frecuente es la actividad microbiana, que involucra varios mecanismos que afectan las características sensoriales de los alimentos como resultado de cambios en la textura, el sabor, el aroma e incluso el color; y con ello llevar a un rechazo del alimento por parte de los consumidores (Rawat, 2015). Además de la presencia de microorganismos deterioradores son elementos clave durante el almacenamiento, el pH, la temperatura, la disponibilidad de agua y nutrientes, así como el uso de conservadores (Gill, 2017).

Las BAL juegan un papel importante en el deterioro de diversos alimentos, entre ellos las bebidas alcohólicas. Este grupo de bacterias producen principalmente ácido láctico a partir de la degradación de azúcares, suelen ser tolerantes a niveles bajos de pH, producen polímeros y son capaces de generar biopelículas (Hernández y col., 2007; Maciel, 2012, Zhou y col., 2016). Estas características favorecen su persistencia en ambientes de producción de alimentos en donde otras bacterias suelen inhibirse (Zhou y col., 2016).

Las estrategias de control que actualmente se utilizan contra el deterioro de los alimentos se basan en minimizar el ingreso de los microorganismos deterioradores mediante procesos de limpieza y desinfección de superficies, y el control de la calidad microbiológica, así como el uso de conservadores, empaques y atmósferas que inhiban el desarrollo. Sin embargo, no se ha descrito alguna estrategia específica para el control de estas bacterias.

Las BAAC son bacterias Gram negativas catalasa positiva y oxidasa negativa. Son bacterias aerobias obligadas que pertenecen a la familia Acetobacteraceae y tienen un pH óptimo de desarrollo entre 5.0-6.5, pero existen reportes que pueden crecer a valores más bajos (Mamlouk y Gullo, 2013). Estas bacterias son utilizadas para llevar a cabo reacciones específicas de oxidación a través de fermentaciones oxidativas, especialmente en la producción de vinagre y también pueden deteriorar bebidas fermentadas como el vino, la sidra y la cerveza donde la producción de ácido acético es indeseable (Mamlouk y Gullo, 2013). Este fenómeno puede ocurrir si las BAAC no se eliminan durante la filtración o antes del embotellado y su actividad puede impartirles un aspecto turbio a las bebidas (Gomes y col., 2018).

Por otro lado, los bacteriófagos son los virus más abundantes en todo el planeta y están presentes en todos los ecosistemas. Se definen como parásitos intracelulares obligados que infectan exclusivamente a células procariotas (Sharma y col., 2017). Estos virus se han convertido en agentes importantes para el control de las bacterias, principalmente en tratamientos clínicos, debido a cada vez más extendida resistencia de las bacterias a los antibióticos, por lo que se han vuelto una opción eficiente en este ámbito (Wittebole y col., 2014). Sin embargo, su aplicación no solamente se limita al área médica, también se han aplicado en la agricultura para proteger cultivos, y en alimentos procesados como bioprotectores, donde se busca eliminar bacterias patógenas como *Escherichia col*i patógena, *Salmonella* y *Listeria* (García y col., 2008).

Por esta razón el objetivo de este estudio es aislar e identificar BAL y BAAC deterioradoras de cerveza y

evaluar su susceptibilidad a bacteriófagos aislados del mismo ambiente de producción.

Metodología

Para el aislamiento de los microorganismos se realizaron 6 muestreos de superficies y productos en cervecerías artesanales. Se utilizaron hisopos y esponjas estériles sumergidos en 2 y 20 ml de caldo neutralizante. Diluciones seleccionadas de cada muestra se inocularon por extensión en superficie en agar MRS y agar GYC para el aislamiento de BAL y BAAC, respectivamente. Las placas se incubaron a 37 °C/24 h para BAL y a 25 °C/48 h para BAAC. La confirmación de las BAL y BAAC se realizó mediante pruebas bioquímicas (catalasa y oxidasa) y morfológicas (tinción Gram). Para el caso de las BAL se aplicó una prueba de PCR múltiple como tamiz de identificación (Petri y col., 2013). La identificación final se realizará mediante secuenciación de las cepas seleccionadas de BAL y BAAC en la etapa final del proyecto.

Para la recuperación de bacteriófagos, alícuotas de las muestras obtenidas se centrifugaron a 10,000 rpm / 5 min. El sobrenadante se filtró con una membrana de acetato de celulosa (0.45µm) y el filtrado se enriqueció en 1 ml de cultivo activado de cepas de BAL y BAAC y se incubaron a 37 °C/24 h y a 25 °C/48 h respectivamente. Nuevamente se centrifugó y se filtró la solución y los bacteriófagos se cuantificaron mediante la técnica de agar doble capa en el medio específico para cada tipo de bacteria.

Se evaluó la capacidad de deterioro de las cepas aisladas inoculando 40 µl de cada una de ellas en 10 ml de cerveza artesanal tipo pilsner y se incubaron a 37 °C/24 h para BAL y a 25 °C/48 h para BAAC. Se midió cada 12 horas la densidad óptica (DO) de las soluciones durante 72 h.

La evaluación del efecto de los bacteriófagos en células en suspensión se realizó inoculando 10^8 UFC / ml de cepas individuales de BAL con 10^4 UFP / ml de la suspensión de bacteriófagos y se incubaron a 37 °C/24 h. Posteriormente se centrifugó la suspensión a 10,000 rpm / 5 min y el paquete celular y se re suspendió en solución salina isotónica para la cuantificación de las céluas sobrevivientes de BAL en agar MRS.

La susceptibilidad de las BAAC a los bacteriófagos se realizó mediante la prueba de puntos, en la cual se adicionó una gota de 10 µl de cada uno de los bacteriófagos aislados en 500 µl de cada una de las cepas de BAAC por la técnica de agar doble capa.

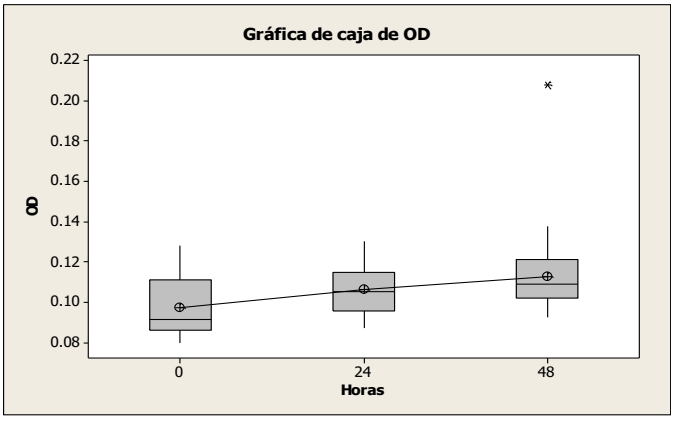
Resultados

En los 6 muestreos que se realizaron, se obtuvieron un total de 9 bacteriófagos y 82 cepas bacterianas, de las cuales 13 se confirmaron como BAL y 2 cepas fueron identificadas mediante PCR como *Leuconostoc mesenteroides* (C-5) y *Lactobacillus plantarum* (C-10).

Se aislaron 9 cepas de BAAC por ser bacilos Gram negativos, oxidasa negativos y catalasa positivos.

Las cepas de BAL y de BAAC mostraron capacidad para desarrollar en cerveza artesanal. Se observó un incremento en la densidad óptica (DO) de la cerveza inoculada con las cepas de manera individual y almacenada por 24 y 48 h ($p < 0.05$). (Figura 1), por lo cual se rechaza H_0 (no hay un efecto significativo al pasar el tiempo).

Figura 1. Desarrollo de 13 cepas de BAL y 9 de BAAC en cerveza almacenada a 37ºC y 25 °C por 24 y 48 h.



Además, la comparación de Dunnett con la cerveza sin inocular mostró que la media de la DO alcanzada

a las 48 h es significativamente diferente que la media del control, el cual consistió en cerveza almacenada a las mismas condiciones, pero sin inocular.

Se retaron 9 bacteriófagos aislados con 13 cepas de BAL en suspensión y seis de ellas mostraron susceptibilidad a cuatro de los bacteriófagos (Figura 2), siendo el bacteriófago "N" el más eficiente ya que mostró efecto contra tres cepas diferentes de BAL (Tabla 1).

Gráfico 1. Inhibición bacteriana.

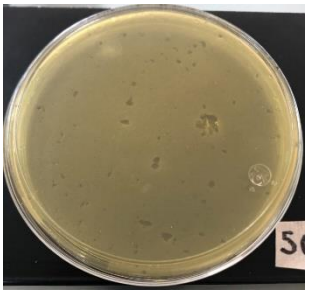


Gráfico 1. Actividad de los bacteriófagos sobre BAAC y BAL.

Bacteriófago	Cepas susceptibles
K	C-19, C-3
M	C-5
N	C-2, C-7, C-9
O	C-10
P	C-13
S	C-16

A través de la prueba de puntos se obtuvieron tres cepas de BAAC susceptibles a los fagos "O", "P" y "S".

Discusión y Conclusiones

Durante la elaboración de cerveza artesanal, es muy común encontrar BAL debido a su capacidad de formación de biopelículas (Garofalo y col., 2015). Las BAL también se han encontrado en el producto terminado, ya que este tipo de cervezas no se pasteurizan, lo cual favorece la supervivencia y desarrollo de BAL (Rodríguez y col., 2020). *Lactobacillus brevis*, *L. paracasei*, *L. backii* y *Pediococcus damnosus* son las especies que se han visto mayormente implicadas en casos de deterioro de cerveza (Schneiderbanger y col., 2018).

La relación entre bacteriófagos y BAL se ha estudiado principalmente en productos lácteos fermentados, en donde la presencia de estos virus es indeseable porque detiene la fermentación que da las características organolépticas propias de estos alimentos (Garneau y Molineau, 2011). En contraste, investigaciones recientes han demostrado la capacidad de los bacteriófagos para actuar como métodos naturales de conservación de alimentos, aunque hasta la fecha solo se han realizado unos pocos estudios sobre bacteriófagos que infectan a BAL (Feyereisen y col., 2019).

El deterioro de la cerveza por BAAC suele presentarse por la formación de biopelículas, turbidez, e incluso por provocar una pérdida de alcohol acompañada de la formación de ácido acético, lo cual vuelve a la cerveza más densa con sabores desagradables y cambios en el color. Para evitar estos problemas por deterioro, en la actualidad se aplican buenas prácticas de saneamiento y se utiliza mayormente acero inoxidable en los equipos y superficies de producción para facilitar la limpieza y desinfección. Las principales BAAC que deterioran la cerveza son *Gluconacetobacter xylinus*, *Acetobacter pasteurianus* y *Gluconobacter oxydans* (Kersters y col., 2006).

Los bacteriófagos son entidades omnipresentes por naturaleza y son muy específicos de su huésped bacteriano (Deasy y col., 2011).

En el presente trabajo, los bacteriófagos que mostraron capacidad antimicrobiana fueron aislados de las superficies de llenado de la cerveza, en donde se dificulta los procesos de higienización, con lo que se propicia la persistencia de BAL y BAAC, que pueden llegar al producto terminado (Feyereisen y col., 2019).

Las estrategias de intervención actuales para mejorar la seguridad de la cerveza y prevenir la actividad de microorganismos responsables del deterioro incluyen

pasteurización, filtración, sulfatación y estrictas prácticas de limpieza y saneamiento), pero la reducción de las bacterias en promedio es de 2-3 Log UFC/ml al utilizar desinfectantes como el hipoclorito de sodio, lo que hace una buena opción el uso de bacteriófagos como una estrategia de reducción e incluso eliminación de microorganismos, particularmente aquellos que fueron capaces de inactivar más de una cepa (Lee y col., 2014).

Recientemente, la producción de cerveza no pasteurizada ha aumentado debido a la preferencia de los consumidores por el sabor fresco; pero al excluir la pasteurización, el producto final es más susceptible al deterioro por microrganismos. El uso de bacteriófagos como conservadores es una manera de controlar el problema al que se enfrentan principalmente las cervecerías artesanales.

Referencias bibliográficas

Deasy, T., Mahony, J., Neve, H., Heller, K. J., & Van Sinderen, D. 2011. Isolation of a virulent *Lactobacillus brevis* phage and its application in the control of beer spoilage. Journal of food protection, 74:2157-2161.

Feyereisen, M., Mahony, J., Lugli, G. A., Ventura, M., Neve, H., Franz, C. M., ... y Van Sinderen, D. 2019. Isolation and characterization of *Lactobacillus brevis* phages. Viruses. 11:393.

Garcia, P., Martinez, B., Obeso, J. M., & Rodriguez, A. 2008. Bacteriophages and their application in food safety. Letters in Applied Microbiology. 47:479-485.

Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Taccari, M., Aquilanti, L., y Clementi, F. 2015. The Occurrence of Beer Spoilage Lactic Acid Bacteria in Craft Beer Production. Journal of Food Science, 80:2845–2852.

Garneau, J. E. y Moineau, S. 2011. Bacteriophages of lactic acid bacteria and their impact on milk fermentations. Microbial cell factories, 10:1-10.

Gill, A. 2017. The importance of bacterial culture to food microbiology in the age of genomics. Frontiers in Microbiology. 8:777-780.

Gomes, R. J., Borges, M. D. F., Rosa, M. D. F., Castro-Gómez, R. J. H., & Spinosa, W. A. 2018. Acetic acid bacteria in the food industry: systematics, characteristics and applications. Food Technology and Biotechnology. 56:139-151.

Hernández Magadán, A. 2007. Aislamiento, caracterización y detección precoz de bacteriófagos de Streptococcus thermophilus en la industria láctea. Universidad de Oviedo, España.

Kersters, K., Lisdiyanti, P., Komagata, K., & Swings, J. 2006. The family acetobacteraceae: the genera acetobacter, acidomonas, asaia, gluconacetobacter, gluconobacter, and kozakia. The prokaryotes, 5:163-200.

Lee, H. H., Hong, S. I., & Kim, D. 2014. Microbial reduction efficacy of various disinfection treatments on fresh-cut cabbage. Food science & nutrition. 2:585-590.

Mamlouk, D., & Gullo, M. 2013. Acetic acid bacteria: physiology and carbon sources oxidation. Indian Journal of Microbiology, 53(4), 377-384.

Maciel, N. E. 2012. Lisogenia y mecanismos nativos de fagorresistencia presentes en bacterias lácticas salvajes y comerciales (Disertación doctoral). Universidad nacional del Litoral, Argentina.

Petri, A. Pfannebecker, J. Fröhlich, J. König, H. 2013. Fast identification of wine related lactic acid bacteria by multiplex PCR. Food Microbiology. 33:48-54

Petruzzi, L., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. 2017. Microbial spoilage of foods: Fundamentals. In The microbiological quality of food. Woodhead Publishing. 1-21

Rawat, S. 2015. Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. Asian Journal of Plant Science and Research. 5:47-56.

Rodríguez-Saavedra, M., de Llano, D. G., & Moreno-Arribas, M. V. 2020. Beer spoilage lactic acid bacteria from craft brewery microbiota: Microbiological quality and food safety. Food Research International, 138, 109762.

Schneiderbanger, J., Grammer, M., Jacob, F., y Hutzler, M. 2018. Statistical evaluation of beer spoilage bacteria by real-time PCR analyses from 2010 to 2016. Journal of the Institute of Brewing. 124:173–181.

Sharma, S., Chatterjee, S., Datta, S., Prasad, R., Dubey, D., Prasad, R. K., & Vairale, M. G. 2017. Bacteriophages and its applications: an overview. Folia Microbiologica, 62:17-55.

Wittebole, X., De Roock, S., & Opal, S. M. 2014. A historical overview of bacteriophage therapy as an alternative to antibiotics for the treatment of bacterial pathogens. Virulence. 5:226-235.

Zhou, Y., Drouin, P., & Lafrenière, C. 2016. Effect of temperature (5-25 °C) on epiphytic lactic acid bacteria populations and fermentation of whole-plant corn silage. Journal of Applied Microbiology. 121:657-671.

Estrategias tecnológicas para evitar el entintado de frutos de Durazno.

López-Raesfeld P.N.[1*], Mercado-Silva E.M.[1], Sosa-Flores, Á.R.[1], Vázquez-Barrios, Ma. E.[1], Rivera-Pastrana, D.[1], Añorve-Morga, J.[2]

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. [2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química.

*paula.raesfeld@gmail.com

Resumen

Introducción. En la última década, la producción y consumo de durazno en México ha disminuido, las causas no se han definido con claridad, una de ellas está relacionada con defectos en la calidad visual del fruto. El entintado, manifestado como manchas en la piel, afecta el interés de compra del consumidor. El mecanismo que genera este problema no está definido, pero se atribuyen a reacciones que involucran metales y compuestos fenólicos. **Objetivo.** Aportar conocimiento que permita dilucidar el mecanismo que provoca el entintado del fruto y proponer estrategias tecnológicas para evitar el defecto. **Metodología.** Frutos de durazno de tres variedades: MG8, Colegio y 229 fueron colectados en los huertos. Muestras de piel de frutos afectados y no afectados se analizaron en su contenido de Fe y Cu por espectrometría de Absorción Atómica y su contenido y perfil de fenoles fueron determinados por espectrofotometría y HPLC. Se desarrolló un modelo de inducción del fenómeno mediante un cepillado de los frutos y la aspersión de soluciones de sales de Fe y Cu. **Resultados.** Los frutos sometidos al daño mecánico en su manejo, incrementaron la síntesis de compuestos fenólicos (ácido clorogénico y neo clorogénico) que en presencia de sales de Fe^{+3} desarrollaron el entintado caracterizado por bajos valores de luminosidad. **Conclusión.** La variedad, el manejo mecánico y el exceso de Fe^{3+} explicó el desarrollo del entintado del durazno. Una adecuada selección de la variedad, buen diseño de la línea de empaque y control preciso del Fe^{3+} en agroquímicos evitarían el entintado del fruto.

Palabras clave: *Durazno, entintado, compuestos fenólicos, metales pesados.*

Abstract

Introduction. In the last decade, the production and consumption of peaches in Mexico has decreased and the causes have not been clearly defined, one of them is related to defects in the visual quality fruit. The inking, manifested as spots on the skin, affects the consumer's buying interest. The mechanism that induce this problem is not defined, but it is attributed to reactions involving metals and phenolic compounds. **Objective.** Provide knowledge that allows to elucidate the mechanisms that induce the fruit inking, and thereby define technological strategies to avoid the defect. **Methodology.** Peach fruit of three varieties: MG8, Colegio and 229 were collected in the orchards. Skin samples from affected and unaffected fruit were analyzed for their Fe and Cu content by Atomic Absorption spectrometry and their content and phenolics profile were determined by spectrophotometry and HPLC. An induction model to reproduce the phenomenon was developed brushing the fruit and spraying solutions of Fe and Cu salts. **Results.** The fruits subjected to mechanical damage in their handling, increased the synthesis of phenolic compounds (chlorogenic and neo-chlorogenic acid) that in the presence of Fe^{+3} salts developed the inking characterized by low luminosity values. **Conclusion.** The variety, the mechanical damage and an excess Fe^{+3} salts explained the development of peach inking. An adequate variety selection, good design of the packaging line and precise control of Fe^{3+} in the agrochemicals would avoid the fruit inking.

Key words: *Peach, inking, phenolic compounds, heavy metals.*

Introducción

El durazno es uno de los frutos más conocido a nivel mundial, rico en carbohidratos, vitaminas y minerales como potasio y fósforo. La producción a nivel mundial muestra una tendencia creciente, concentrándose principalmente en el continente asiático (FAOSTAT, 2019); en la última década a nivel nacional la producción muestra una tendencia a la baja (SIAP-SAGARPA, 2010-2020) que puede estar relacionada por una competencia comercial con otros frutos de alta aceptación y menores precios. No obstante, también puede haber factores de calidad en el producto que estén influyendo negativamente en la decisión de compra de los consumidores.

El entintado del fruto, es un desorden que se caracteriza por un oscurecimiento de la piel afectando su apariencia y provocando pérdidas a la industria (Crisosto *et al*., 2009). No se conoce el mecanismo que genera este desorden, aunque se ha sugerido que este puede ser favorecido por la presencia de elementos metálicos llevados en los componentes de la nutrición mineral de la planta en conjunto con daños mecánicos ocasionados durante el manejo de los frutos (Crisosto *et al*., 2009). En variedades productoras de antocianinas, los frutos también presentan tonalidades obscuras que alteran el color natural de la piel (Michalak, 2006). Sin embargo, no se conoce el mecanismo que explique como esos metales interactúan con los componentes del fruto y generan este oscurecimiento.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si la presencia de metales, presentes en los materiales utilizados en la nutrición y manejo del cultivo, reaccionan con los compuestos fenólicos del fruto generando los compuestos oscuros determinantes del entintado.

Materiales y Métodos

Origen y manejo de las muestras

Muestras de tres variedades de durazno en madurez de cosecha fueron recolectados en los campos de cultivo de una empresa comercial ubicada en el Rancho San Carlos en la comunidad El Tule del Municipio de San Francisco de los Romo, Aguascalientes Mex. Se colectaron 300 frutos con y sin entintado de cada variedad (‘MG8’, ‘Colegio’ y ‘229’). Los frutos sin entintado fueron utilizados como grupo control y para realizar estudios de inducción del desorden en condiciones contralas de laboratorio. La piel de los frutos control y entintados fue utilizada para la determinación de metales, contenido de fenoles totales por espectrofotometría y perfil de fenoles por cromatografía de líquidos de alta resolución o HPLC.

Análisis del contenido de metales

Las pieles de frutos control y entintados, fueron separadas, congeladas en nitrógeno líquido y liofilizadas. Las muestras liofilizadas fueron molidas y sometidas a digestión ácida multi elemental en microondas y las soluciones fueron analizadas por espectroscopia de absorción atómica de flama.

Inducción del entintado en laboratorio

Un modelo de inducción del entintado fue concebido bajo la hipótesis que el fenómeno se desarrolla por la reacción de metales con los fenoles del fruto liberados durante el daño mecánico. Con los datos del contenido de metales, se preparó el modelo de inducción de entintado a nivel laboratorio. Tres conjuntos de frutos control con tamaño y color uniforme de cada variedad, fueron cepillados suavemente durante 1, 3 y 5 min; cada conjunto se dividió en tres subgrupos de nueve frutos a los que se les asperjó soluciones de sulfato férrico a 0, 60 y 250 ppm, se almacenaron durante 0, 24 y 48 h a 1°C, observando y midiendo el color después del almacenamiento. Cada tratamiento se realizó por triplicado. En tratamientos independientes, se les aplicó sulfato de cobre a 0, 4 y 9 ppm, se almacenaron a 1°C y se analizaron en los periodos antes señalados.

Medición de color

El color se registró con un espectrofotómetro de reflectancia CM-600D (Konica Minolta, Japón) utilizando un iluminante D565 y observador a 10°, registrando los valores CIE L*a*b* en seis puntos diferentes del ecuador de cada fruto. El análisis de color se realizó a los grupos tratados y al grupo control (Zhang *et al*., 2015).

Contenido de fenoles totales

El contenido de compuestos fenólicos totales se realizó de acuerdo al método descrito por Folin-Ciocalteu (Singleton *et al*., 1999). Dos gramos de piel tanto del grupo control y con entintado, se mezclaron con 25 mL de metanol absoluto. Se homogenizaron en un homogeneizador de tejidos, se centrifugaron a 13500 rpm durante 15 min. A 400 µl de cada extracto, se adicionaron 200 µL de reactivo Folin-Ciocalteu y 1 mL de agua destilada, se mantuvo en reposo durante 5 min, se añadió 2 mL de carbonado de sodio al 7% y 1.4 mL de agua destilada. La mezcla se mantuvo 1 h a temperatura ambiente protegidas de la luz, se leyó su absorbancia a 720 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo Lambda 365, (Perkin Elmer, Inc., USA).

La cuantificación se realizó mediante una curva estándar de ácido gálico de 0.02-0.16 mg/ml. 400 µl de cada concentración se sometió a la misma reacción de las muestras. Los valores de absorbancia de cada muestra y su concentración fueron ajustadas a una curva lineal con la que se interpoló los valores de absorbancia de la muestra y los resultados se expresarán en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra.

Perfil de compuestos fenólicos

Los extractos metanólicos de fenoles totales de las pieles de frutos control y con entintado, fueron separados por HPLC utilizando un cromatógrafo de líquidos marca Waters (Waters USA) equipado con una bomba cuaternaria Alliance e2645 y un detector de arreglo de diodos 2998. Se utilizó una columna Symmetry C:18, operando con un gradiente de concentración utilizando dos disolventes: A) Agua con ácido fórmico al 1% y B) Acetonitrilo al 100%. La separación de componentes se logró mediante el siguiente gradiente: 0 min A) 98%, 40 min A) 80%, 45 min A) 0%, 60 min A) 98%. El volumen de inyección de la muestra fue de 30 micro litros y la velocidad de flujo fue de 0.500 µl/min. La columna se mantuvo a 35°C y la muestra a 8°C.

Algunos compuestos fenólicos presentes en las muestras se identificaron comparando sus tiempos de retención y espectros de absorción de estándares puros. Se utilizó como estándar ácido clorogénico. Para cada estándar, se prepararon soluciones madre (5,0 mg / ml) en agua grado HPLC. Se construyó un gráfico de calibración para cada estándar. Las concentraciones de componentes en las muestras se calcularon a partir de la ecuación obtenida.

Análisis estadístico

El modelo experimental utilizado fue un diseño completamente aleatorizado de dos factores (tiempo de cepillado y concentración de soluciones de metales) con tres repeticiones; la variable de respuesta fue la luminosidad (L*) y el contenido de fenoles totales. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey, a un nivel de significancia $p \leq 0.05$. Los resultados se expresaron como la media ± desviación estándar. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el paquete estadístico JMP (versión 5.8).

Resultados

Contenido de metales en la piel de los frutos

Bajo la hipótesis que el entintado se debe a la reacción de elementos metálicos como Fe y Cu con algunos compuestos fenólicos de los frutos; se espera que aquellas muestras con mayor contenido presenten una mayor tendencia a desarrollar el desorden. El contenido de Fe en las pieles de frutos entintados de

la variedad MG8 fue mayor que las mostradas por las pieles de los frutos sin entintar (Cuadro 1). Mientras que el Cu no mostró diferencia entre las muestras indicando que este elemento no está involucrado en el fenómeno.

Cuadro 1. Contenido de Fe y Cu en pieles de frutos de durazno cv MG8 entintado y sin entintado comparados con niveles óptimos reportados en la literatura.

Sin entintado			
Elemento	**Nivel óptimo (Johnson, 1993)**	**Resultado**	**Unidad**
Hierro (Fe)	60	73.2	ppm
Cobre (Cu)	4	2.40	ppm
Con entintado			
Elemento	**Nivel óptimo (Johnson, 1993)**	**Resultado**	**Unidad**
Hierro (Fe)	60	109	ppm
Cobre (Cu)	4	1.27	ppm

Cambios de la luminosidad de los frutos.

El desarrollo del entintado se siguió mediante la determinación del valor de color L* o luminosidad, éste permitió evaluar estadísticamente el efecto del daño mecánico o tiempo de cepillado y de la concentración de la solución de $Fe_2(SO_4)_3$. Tanto el tiempo de cepillado, la concentración de y la interacción tiempo de cepillado*concentración de $Fe_2(SO_4)_3$ tuvieron efectos altamente significativos en el desarrollo del entintado de los frutos (Cuadro 2). La variedad MG8 y Colegio mostraron los intervalos más amplios de cambio de luminosidad dentro de los tiempos de almacenamiento de 0 y 48 h en comparación con la variedad 229. En aquellas variedades, las concentraciones de 250 ppm de $Fe_2(SO_4)_3$ y tiempos de cepillado de 5 minutos generaron el mayor oscurecimiento o entintado de los frutos (valores menores de L*)

Los valores de L* disminuyeron a través del tiempo de almacenamiento; en la variedad MG8, los frutos con menores tiempos de cepillado y menor concentración de la solución de $Fe_2(SO_4)_3$ mostraron

Cuadro 2. Significancia estadística del efecto de factores asociados al entintado en el valor de color L* o luminosidad y comparación de medias de la interacción tiempo de cepillado (0-5min) y concentración de $Fe_2(SO_4)_3$ (0-250ppm).

Factor/Variedad	MG8		Colegio		229	
	0 h	48 h	0 h	48 h	0 h	48 h
Cepillado	**	**	**	**	**	**
$Fe_2(SO_4)_3$	**	**	*	**	*	**
Cepillado*$Fe_2(SO_4)_3$	**	**	**	*	**	*
0m*0 $Fe_2(SO_4)_3$	66.2 a	64.4 a	60.8 abcd	58.4 a	60.8 abcd	59.4 ab
0m*60 $Fe_2(SO_4)_3$	64.6 ab	61.7 abc	60.6 abcd	58.7 a	60.6 abcd	57.8 ab
0m*250 $Fe_2(SO_4)_3$	64.0 abc	61.9 abc	61.2 abc	58.6 a	61.2 abc	58.4 ab
1m*0 $Fe_2(SO_4)_3$	65.9 a	62.5 abc	58.1 d	58.3 a	58.1 d	56.8 b
1m*60 $Fe_2(SO_4)_3$	65.5 a	63.1 ab	59.7 bcd	58.3 a	59.7 bcd	58.3 ab
1m*250 $Fe_2(SO_4)_3$	61.2 cd	57.8 def	58.9 bcd	56.9 a	58.9 bcd	57.4 b
3m*0 $Fe_2(SO_4)_3$	63.6 abc	59.1 cdef	58.6 cd	59.1 a	58.6 cd	59.4 b
3m*60 $Fe_2(SO_4)_3$	64.4 ab	61 abcd	62.7 a	58.7 a	62.7 a	60.9 a
3m*250 $Fe_2(SO_4)_3$	65.9 ab	60.7 abcd	61.1 abc	56.9 a	61.1 abc	57.4 b
5m*0 $Fe_2(SO_4)_3$	63.3 abcd	59.1 bcde	60.3 abcd	56.6 a	60.3 abcd	59.2 ab
5m*60 $Fe_2(SO_4)_3$	61.9 bcd	56.1 ef	58.4 cd	57.9 a	58.4 cd	57.0 b
5m*250 $Fe_2(SO_4)_3$	60.4 d	56.0 f	61.7 ab	50.1 b	61.6 ab	59.4 ab

Valores por columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($p = \leq 0.05$).

los menores cambios de luminosidad, mientras que los frutos más severamente cepillados (5 min) y tratados con mayor concentración de $Fe_2(SO_4)_3$ (250 ppm) mostraron los valores más bajos de luminosidad (Fig 1A, 1B y 1C).

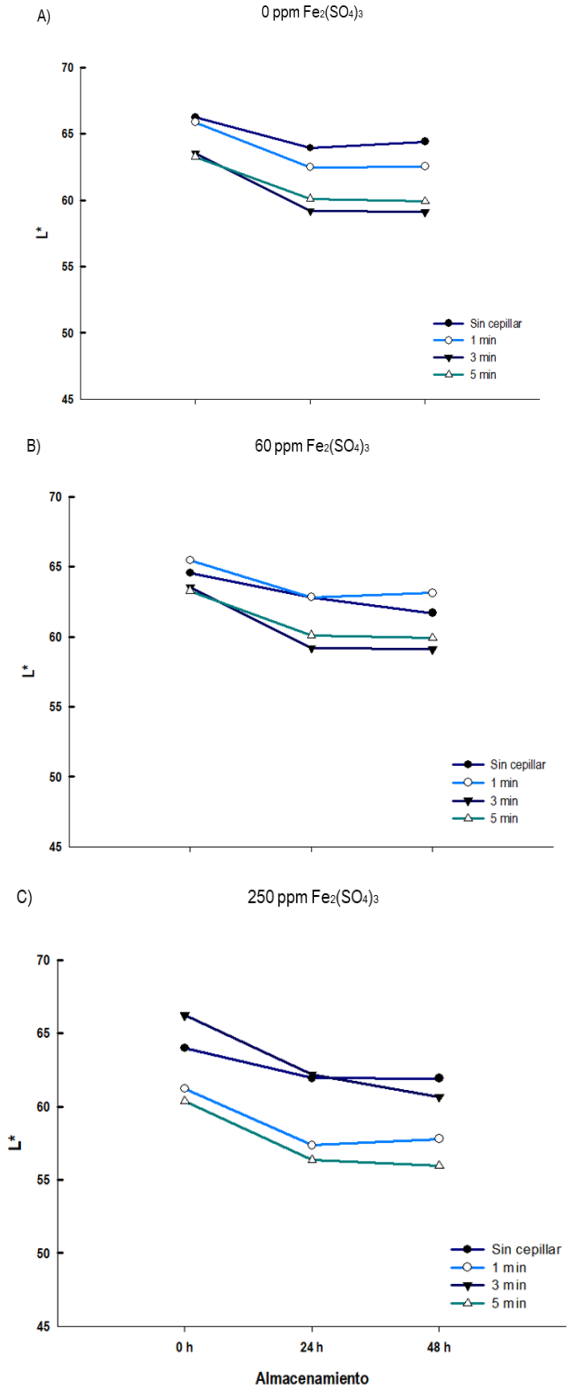


Fig. 1 Cambios en la luminosidad (L*), en frutos de durazno cv MG8 almacenados 0, 24 y 48 h a 1°C, cepillados 0 a 5 min y asperjados con $Fe_2(SO_4)_3$.

Inducción del entintado en laboratorio

Con los datos de contenido de Fe, se procedió a aplicar diferentes concentraciones de $Fe_2(SO_4)_3$ en la superficie de los frutos de las diferentes variedades cepilladas por 5 min. El desarrollo del entintado se siguió por 0 – 48 h. La aplicación de 250 ppm de $Fe_2(SO_4)_3$ en frutos cepillados generó entintado evidente a las 48 h (Fig. 2). Los frutos de las variedades MG8 y Colegio, mostraron mayor tendencia a desarrollar este desorden mientras que la variedad 229 mostró una menor incidencia.

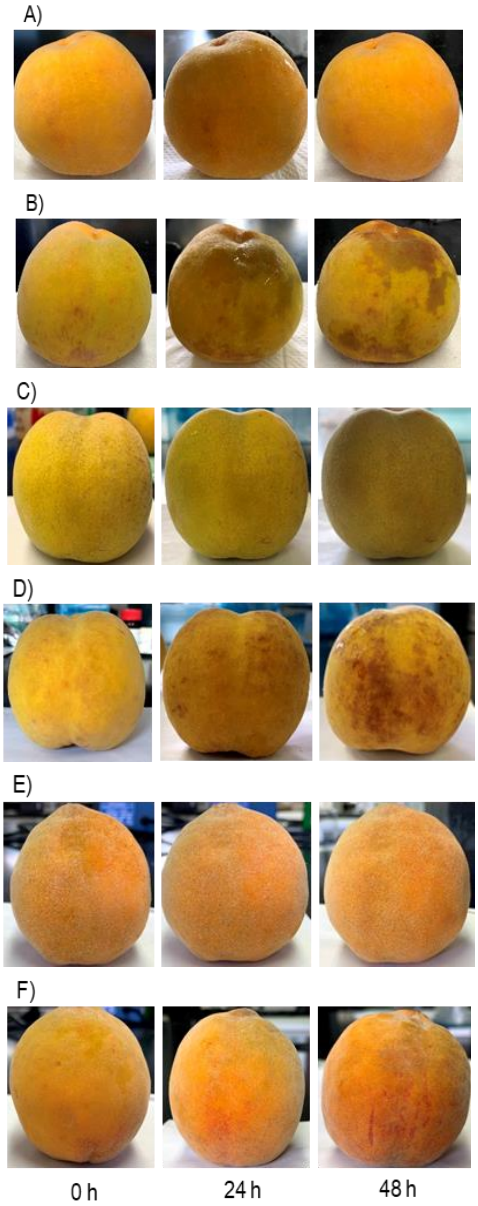
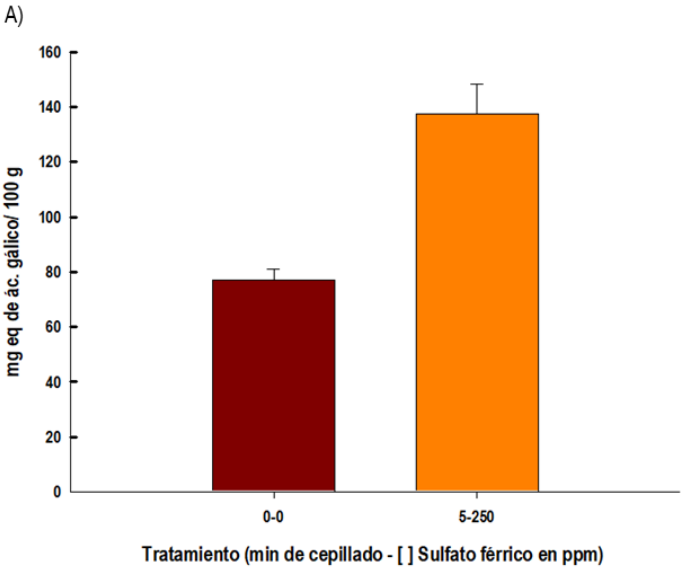


Fig.2 Calidad visual de frutos control y cepillados durante 5 min, asperjados con $Fe_2(SO_4)_3$ a 250 ppm y almacenados por 0, 24 y 48 h a 1°C. A, C y E frutos control de las variedades MG8, Colegio y 229 respectivamente. B, D y F frutos cepillados y asperjados con $Fe_2(SO_4)_3$ de las variedades MG8, Colegio y 229 respectivamente.

Efecto del cepillado y $Fe_2(SO_4)_3$ en el contenido de fenoles totales

Los contenidos de Fe en las pieles y los cambios en la luminosidad por efecto del cepillado y del asperjado de soluciones de $Fe_2(SO_4)_3$, indujo a comparar el contenido compuestos fenólicos totales en frutos sin cepillar (SC) y sin solución de $Fe_2(SO_4)_3$ con frutos cepillados por 5 min y asperjados con 250 ppm de $Fe_2(SO_4)_3$. Los frutos sometidos a un cepillado más intenso y asperjados con esa solución provocó una mayor síntesis de compuestos fenólicos en las tres variedades estudiadas (Fig. 3). No obstante, el nivel de síntesis de fenoles fue diferente entre las variedades; la variedad Colegio registró contenidos de 115, la MG8 de 137 y la 229 de 71 mg eq de ácido gálico en 100 g de muestra. Estos resultados pueden explicar la susceptibilidad al desorden de entintado de los frutos.



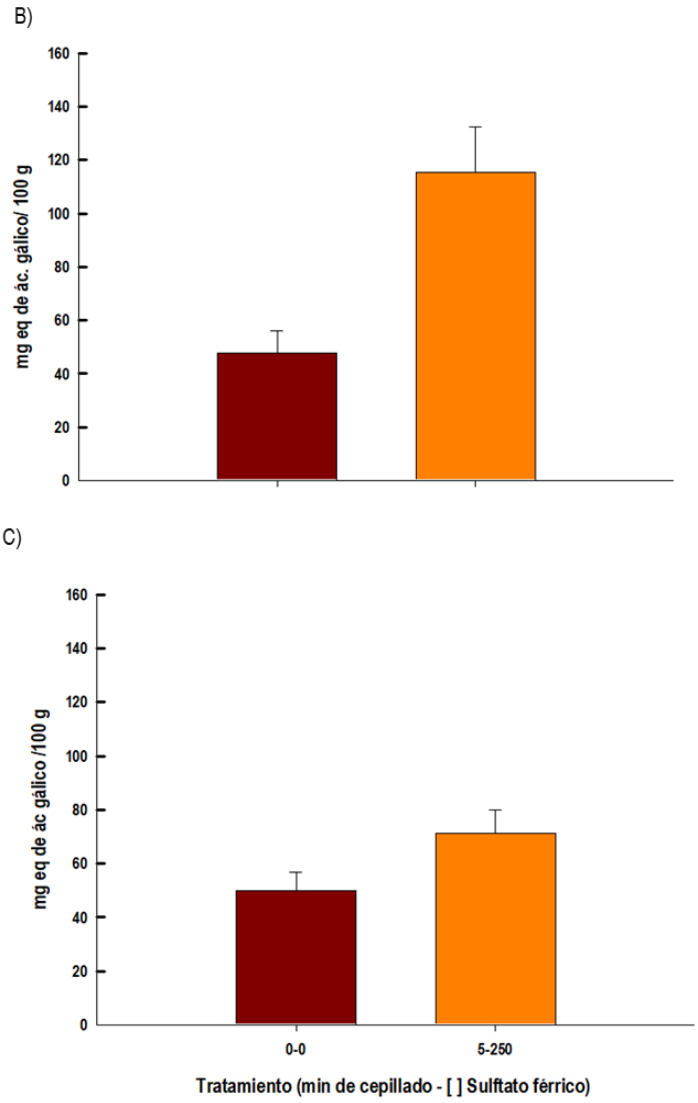


Fig. 3. Cambios en fenoles totales (mg eq de ácido gálico/100g de peso fresco) de frutos de durazno en las diferentes variedades, MG8 (A), Colegio (B) y 229 (C). Los valores son la media de tres repeticiones. La línea en la parte superior de cada barra representa la desviación estándar de esa media.

Perfil fenólico

Los resultados de inducción de síntesis de fenoles por efecto del cepillado y los iones Fe^{3+} llevó a estudiar la separación de los compuestos por HPLC y definir si los compuestos eran cromatográficamente diferentes o presentaban cambios entre las distintas variedades. El perfil cromatográfico de las tres variedades fue idéntico en las tres variedades y solo se observaron

cambios en la altura de los picos (Fig. 4); las variedades MG8 y Colegio mostraron mayores alturas de los picos, mientras la variedad 229 mostró las menores alturas. Los picos 1 y 2 fueron identificados por medio de estándares y su espectro de absorción como ácido clorogénico y neo-clorogénico.

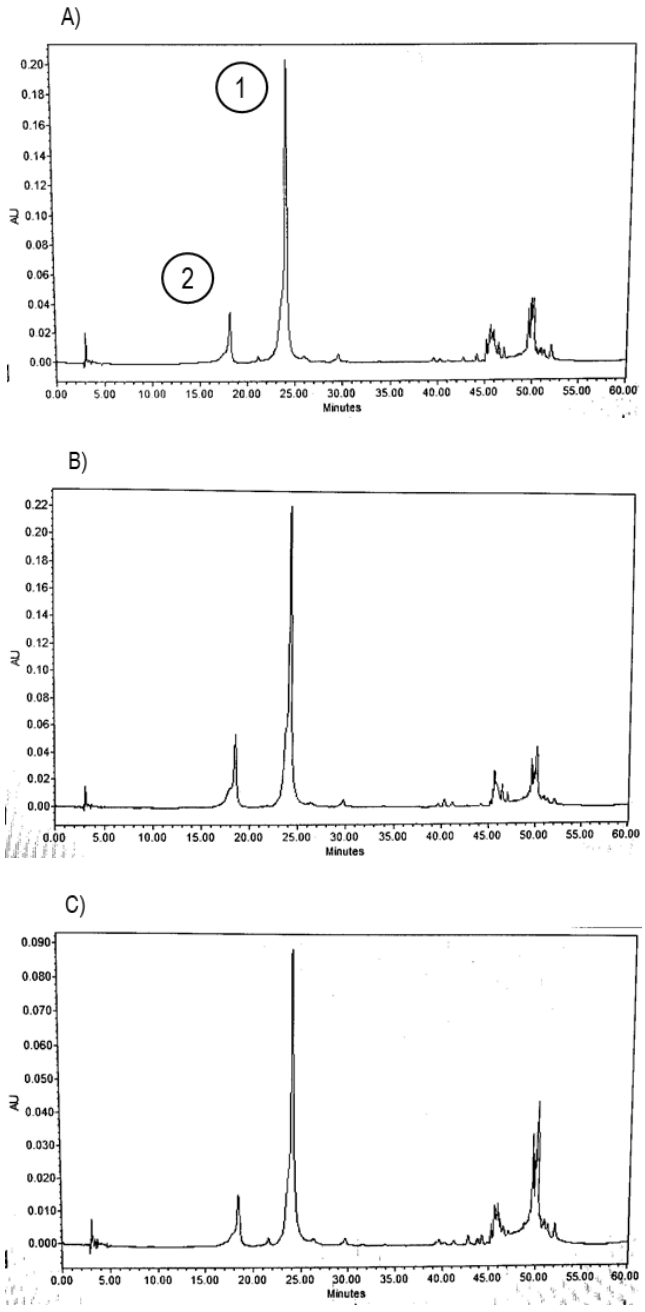


Fig. 4 Perfiles de los compuestos fenólicos de frutos de durazno de diferentes variedades. MG8 A), Colegio B) y 229 C). Los picos señalados como 1 y 2 corresponden al ácido clorogénico y neo clorogénico respectivamente.

Discusión y conclusiones

El contenido de Fe en las pieles de frutos estuvo por arriba de los niveles óptimos señalados por Johnson, (1993); esto parece indicar que este mineral puede participar de forma importante en el fenómeno de entintado. Las reacciones de Fe^{+3} con diferentes fenoles han sido reportadas por Hynes & O'Coniceanainn (2004) *in vitro*.

El seguimiento del cambio de luminosidad de los frutos cepillados y asperjados con soluciones de $Fe_2(SO_4)_3$ para describir el desarrollo del entintado no ha sido descrito en frutos de durazno; este procedimiento permitió detectar que la susceptibilidad a este desorden es dependiente de la variedad y que el nivel de daño mecánico o cepillado y la presencia de Fe^{3+} son determinantes en su manifestación. Resultados similares han sido reportados por Dagdelen & Aday (2021), donde se indujo un daño mecánico de vibración durante el transporte en frutos de durazno, y reportaron un cambio de coloración en la superficie del fruto.

Estos resultados señalaron que tanto la operación de cepillado por 5 min (tratamiento comercial para eliminar tricomas del durazno) y la presencia de 250 ppm de $Fe_2(SO_4)_3$ en las soluciones de nutrición del cultivo, son condiciones que inducen el entintado del fruto. No obstante, hay un efecto significativo de la variedad; la variedad 229 fue menos susceptible a este desorden, mientras que la MG8 y Colegio fueron las más susceptibles.

La correlación de daño mecánico (cepillado), presencia de iones de Fe^{3+} y la síntesis de compuestos fenólicos no ha sido reportada como el mecanismo inductor del entintado de durazno. Es posible que aquellas variedades con mayor potencial de síntesis de compuestos fenólicos (MG8 y Colegio) desarrollen una mayor susceptibilidad a este desorden; el mayor contenido de fenoles genera mayores posibilidades de reacción con los iones Fe^{3+} incrementando el desarrollo visual del entintado.

De acuerdo con los datos del perfil de compuestos fenólicos de las distintas variedades, el mecanismo del entintado puede ser provocado por la reacción del ácido clorogénico con los iones Fe^{3+}. Hynes &

O'Conceanainn (2004) describieron la formación de un complejo entre el ácido clorogénico y el Fe^{3+} en reacciones in vitro, es posible que estos complejos y sus transformaciones formen parte del proceso de entintado de los frutos. Resultados similares reportan la presencia de ácido clorogénico en frutos de durazno (Serra *et al*., 2020; Mokrani *et al.*, 2018; Zhao *et al*., 2015).

Se ha reportado que la actividad entre compuestos fenólicos bajo un estrés de metales pesados conduce a un pardeamiento del fruto, asociado a un incremento en las actividades de polifenol oxidasa y peroxidas (Michalak, 2006). Crisosto *et al*., (1999) también reportó la acumulación de antocianinas y formación de complejos con metales en frutos de duraznos de tonalidades rojizas que sufrieron daño mecánico y fueron expuestos a altas concentraciones de metales pesados.

Este es el primer reporte que describe el mecanismo que explica el desorden de entintado de los frutos de durazno de piel amarilla y poco productores de antocianinas; en este desorden están involucrados los siguientes factores: la variedad de durazno, el daño mecánico (cepillado de los frutos), la inducción de la síntesis de fenoles (en particular el ácido clorogénico) y la presencia de Fe^{3+} que finalmente reaccionará con esos fenoles provocando la manifestación del desorden.

Los resultados de este estudio, permiten sugerir las siguientes recomendaciones para controlar este desorden: a) selección de variedades con menores contenidos de fenoles, b) mejorar el sistema de cepillado de los frutos en las líneas de empaque y c) mantener un control preciso de la aplicación de agroquímicos con bajos contenidos de Fe^{3+}.

Bibliografía.

Crisosto, C.H., Cantin, C.M., Crisisto, G., Day, K.R., Malon, J.R., Mitchell, A., Soto, J., Tian, L., Xiaoqioin, Q. (2009). Updating Peach, Nectarine and Plum Inking and/or Skin Discoloration Development Information.

Crisosto, C.H., Johnson, R.S., Day, K.R., Beede, B., Andris, H., (1999) Contaminants and Injury Induce Inking on Peaches and Nectarines 53(1), 19-23

Dagdelen, C., & Aday, M. S. (2021). The effect of simulated vibration frequency on the physico-mechanical and physicochemical properties of peach during transportation. LWT, 137, 110497.

FAOSTAT (2019). "Dirección de Estadística" [En línea], disponible en: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC (Consultado el : 22 enero, 2021)

Hynes, M. J., & O'Coinceanainn, M. (2004). The kinetics and mechanisms of reactions of iron (III) with caffeic acid, chlorogenic acid, sinapic acid, ferulic acid and naringin. *Journal of inorganic biochemistry*, *98*(8), 1457-1464.

Johnson, S. (1993) Stone fruit: Peaches and Nectarines. En Bennett, W.F. *Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants*. American Phytopathological Society, St. Paul, MN (EUA).

Michalak, A. (2006). Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Polish Journal of Environmental Studies, 15(4).

Mokrani, A., Cluzet, S., Madani, K., Pakina, E., Gadzhikurbanov, A., Mesnil, M., ... & Richard, T. (2019). HPLC-DAD-MS/MS profiling of phenolics from different varieties of peach leaves and evaluation of their antioxidant activity: A comparative study. *International Journal of Mass Spectrometry*, *445*, 116192.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural. Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sistema de información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) (2019). [En línea] México, disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ [Consultado el: 13 de Enero 2021]

Serra, S., Anthony, B., Masia, A., Giovannini, D., & Musacchi, S. (2020). Determination of biochemical composition in peach (Prunus persica L. Batsch) accessions characterized by different flesh color and textural typologies. *Foods*, *9*(10), 1452.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, 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.

Zhang, Y., Han, I., & Dawson, P. (2015). Antioxidant activity assessment and color analysis of skin from different peach varieties grown in South Carolina. Food and Nutrition Sciences, 6(01), 18.

Zhao, X., Zhang, W., Yin, X., Su, M., Sun, C., Li, X., & Chen, K. (2015). Phenolic composition and antioxidant properties of different peach [Prunus persica (L.) Batsch] cultivars in China. *International journal of molecular sciences*, *16*(3), 5762-5778.

Síntesis Parcial de Citroflavonoides a partir de la Naringina

Martínez Coronado Mónica F., Dr. Rodríguez de León Eloy*, M. en C. Núñez Vilchis Alejandro, E. I. A. Rodríguez Ontiveros Areli, Dr. Bah Moustapha.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Cerro de las Campanas, Querétaro 76010.
* eloy.rodriguez@uaq.mx

Resumen

Los flavonoides son compuestos naturales presentes en una gran cantidad de plantas. Su alta capacidad antioxidante les otorga diversas propiedades benéficas para la salud humana. La familia de los flavonoides puede dividirse en seis grandes grupos: los flavanoles, las antocianinas, los flavonoles, las isoflavonas, las flavonas y las flavanonas. La cáscara de los frutos del género *Citrus*, comúnmente conocidos como cítricos, es rica en ácidos fenólicos y flavonoides. La toronja (*Citrus paradisi*) es uno de los frutos que compone este género y destaca por poseer una cantidad significativa del flavonoide naringina (**1**). En la actualidad, al consumir un cítrico, la cáscara y la semilla no son utilizadas, lo que implica un desperdicio de aproximadamente un 60% del total del fruto. Asimismo, existe una creciente necesidad de reutilizar y optimizar los recursos naturales con la intención de reducir el impacto ambiental. En este sentido, el presente trabajo, está enfocado en aprovechar los residuos de la cáscara de toronja (*Citrus paradisi*) para extraer la flavanona naringina mediante una metodología sencilla y amigable con el ambiente. A partir del compuesto **1**, se obtuvieron mediante síntesis parcial los flavonoides naringenina (**2**), rhoifolina (**3**) y apigenina (**4**) con un buen porcentaje de conversión. Finalmente, los análisis mediante HPLC-DAD indicaron que la naringenina se obtiene con un 99%, mientras que la conversión de la rhoifolina con un 70% y la apigenina en un 99%.

Palabras clave: citroflavonoides, química sostenible, naringina, toronja, apigenina.

Abstract

Flavonoids are natural compounds present in a large number of plants; their high antioxidant capacity gives them various beneficial properties for human health. The flavonoid family are divided into six large groups: flavanols, anthocyanins, flavonols, isoflavones, flavones and flavanones. The peel of the fruits of genus *Citrus* is rich in phenolic acids and flavonoids. Grapefruit (*Citrus paradisi)* stands out for having a significant amount of the flavonoid naringina (**1**). Currently, when consuming a citrus fruit, the peel and seed are not used, which implies a waste of approximately 60% of the total fruit. Also, exits a growing need to reuse and optimize natural resources with the intention of reducing environmental impact. In this sense, the present work is focused on taking advantage of the grapefruit peel residues (*Citrus paradisi*) to extract the flavanone naringin through a simple and ecofriendly methodology. From compound **1**, the flavonoids naringenin (**2**), rhoifolin (**3**) and apigenin (**4**) were obtained by partial synthesis. Finally, Chromatographic analysis through HPLC-DAD was used to evaluate the reaction conversion. All citroflavonoids were obtained with good conversion. The hydrolysis of naringin to naringenin was obtained with a 99%, while rhoifolin and apigenina were obtained with 70% and 99%, respectively.

Keywords: citroflavonoids, sustainable chemistry, naringin, grapefruit, apigenin.

Introducción

La necesidad de utilizar materias primas renovables para la obtención de productos con alto valor agregado, en lugar de recursos no renovables como el petróleo, es una actividad que contribuye enormemente a lograr un desarrollo sostenible. Actualmente, entendemos como desarrollo sostenible (sostenibilidad) aquel desarrollo capaz de satisfacer las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.

En la actualidad, la gran mayoría de los principios activos de los medicamentos comercializados a nivel mundial son obtenidos a través de síntesis química. Esto último implica que los materiales para la obtención de un determinado ingrediente activo sean derivados del petróleo y que en su desarrollo tengan una elevada huella de carbono. En ese sentido, el aprovechar los recursos naturales renovables y de preferencia endémicos de una región implica una gran disminución en el impacto ambiental de un determinado producto.

Nuestro país se destaca por ser uno de los principales países megadiversos debido a su amplia gama de recursos naturales y valores culturales. Asimismo, los recursos naturales representan una fuente importante de compuestos con efectos benéficos para la salud humana. Un recurso potencialmente aprovechable, abundante y ampliamente producido en el país es el residuo de los cítricos (principalmente la cáscara de toronja y de naranja) generado a partir de la industria alimentaria y de los pequeños comerciantes a nivel local (juguerías). Actualmente, al consumir un cítrico, la cáscara y la semilla no son utilizadas, lo que implica un desperdicio de aproximadamente un 60% del total del fruto, por lo cual el aprovechamiento de estos recursos representa una oportunidad para extraer compuestos de amplio valor agregado, como la naringina y sus derivados, los cuales son moléculas con utilidad en la industria farmacéutica y alimentaria (Ghasemzadeh & Jaafar, 2013). También, es de destacarse que México ocupa el tercer lugar a nivel mundial como productor de toronja (USDA, 2020). La producción anual promedio de este cítrico es de aproximadamente 400,000 toneladas métricas, siendo el Estado de Veracruz el principal productor a nivel nacional (USDA, 2020).

La cáscara y las semillas de los cítricos son muy ricas en compuestos fenólicos y flavonoides. Sin embargo, la cáscara es más rica en flavonoides que las semillas. Los flavonoides presentes en los cítricos son principalmente las flavanonas y se encuentran unidos a azucares en la posición 7 del esqueleto, la naringina es uno de los flavonoides más abundantes en todos los frutos cítricos (Tripoli y col., 2007).

La cáscara de pomelo (*Citrus grandis*) y toronja (*Citrus paradisi*) son conocidos por tener una alta cantidad de naringina (Sudto y col., 2009). Su contenido en la fruta depende de diferentes factores como el estado de maduración de la fruta, la parte utilizada y el tiempo de secado. La naringina ejerce acciones terapéuticas potenciales al modular diversas expresiones de proteínas y enzimas, por lo que posee propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antivirales, antialérgicas y antiinflamatorias (Wang y col., 2013).

El presente proyecto propone reutilizar y transformar los desechos, cáscara, de la toronja (*Citrus paradisi*) generados por la industria alimentaria para extraer, utilizando el ultrasonido y las microondas (fuentes de energía alternativas y ecológicas), el flavonoide naringina y a partir de éste transformarlo en compuestos con un alto valor agregado (síntesis parcial). Asimismo, el presente proyecto se enfoca en el desarrollo de una vía menos contaminante y que persigue los principios de la química verde para

producir los flavonoides naringenina, rhoifolina y apigenina.

Metodología

La caracterización de los flavonoides se realizó a través del estudio de sus espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) de ^{1}H, ^{13}C y bidimensiones (COSY, HSQC y HMBC), los cuales fueron obtenidos en un espectrómetro de la marca Brüker Avance III HD de 500 MHz del Laboratorio Nacional de Caracterización de Propiedades Fisicoquímicas y Estructura Molecular de la Universidad de Guanajuato. Se utilizó metanol y piridina deuterados como disolventes y tetrametilsilano (TMS) como estándar interno.

El análisis (% de conversión) e identificación de los flavonoides obtenidos se realizó mediante cromatografía utilizando un cromatógrafo de líquidos marca Waters® provisto de una bomba cuaternaria modelo e2695 y un detector de arreglo de diodos (DAD) modelo 2998. Los análisis se realizaron mediante un método de fase reversa utilizando como fase estacionaria una columna C18 (5 µm, 150 x 4.6 mm) y como fase móvil un gradiente de acetonitrilo con agua acidulada con ácido acético 0.0125N a un flujo de 1 mL/min (Tabla 1). Los análisis en cromatografía en capa fina se realizaron utilizando placas cubiertas de gel de sílice de 0.25 mm de espesor y con indicador de fluorescencia (PF 254) (Merck).

Tabla 1. Gradiente de elución para el análisis de los flavonoides.

Tiempo (minutos)	Ácido acético [0.0125N]	Acetonitrilo
0	95%	5%
2	95%	5%
5	85%	15%
20	50%	50%
25	95%	5%

Para la extracción del flavonoide naringina y optimización de los parámetros de extracción, se utilizó un diseño experimental 2k completo y centrado (Tabla 2). En la extracción asistida por ultrasonido se evaluaron los niveles alto y bajo de temperatura de 35 °C y 45 °C, respectivamente. Asimismo, se evaluaron los tiempos 5 min y 15 min para los mismos niveles. Por otra parte, para la extracción asistida por microondas se evaluaron 50 °C y 80 °C como niveles alto y bajo de temperatura y 15 min y 25 min como niveles alto y bajo de tiempo.

Tabla 2. Diseño experimental para la optimización de parámetros.*

Experimento	Nivel de temperatura	Nivel de tiempo
1	-1	-1
2	-1	+1
3	+1	-1
4	+1	+1
5	0	0

*Los niveles bajos representados con '-1', niveles altos representados con '+1' y el nivel intermedio representado con '0'.

Todos los experimentos se realizaron por triplicado, se cuantificó el contenido en mg/g de naringina (variable respuesta) extraído a partir de la cáscara. Finalmente, los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANOVA) y para comprobar si existe una diferencia significativa entre los grupos (medios de extracción y técnicas) se realizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 95% correspondiente al promedio de 3 réplicas (n =3).

La naringenina se obtuvo mediante reacciones de hidrólisis catalizada por ácido a partir de la naringina. Brevemente se describe el procedimiento, en un matraz bola de 50 mL se colocaron 0.25 mmol de naringina, se adicionaron 10 mL de ácido sulfúrico a diferente normalidad y se colocó un agitador magnético. La mezcla se calentó a reflujo y

se mantuvo en agitación. Para optimizar los tiempos de reacciones se realizó la hidrólisis en un microondas: Multiwave PRO Anton Paar, utilizando una rampa de temperatura de 10 minutos a 120 °C y manteniendo la temperatura por 30 minutos. Al finalizar la reacción se dejó enfriar a temperatura ambiente y se agregó 20 mL de una disolución de bicarbonato de sodio para neutralizar, por último, se realizaron tres separaciones cada una con 5 mL de acetato de etilo.

Para la obtención de la rhoifolina y de la apigenina se realizó una reacción de deshidrohalogenación catalizada por yodo y base. En un matraz bola de 50 mL provisto de un agitador magnético, 0.25 mmol de naringina, se adicionaron 0.25 mmol de yodo y 5 mL de piridina. La disolución se calentó a 95 °C con agitación constante. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se añadieron 50 mg de metabisulfito de sodio en 5 mL de agua y 5 mL de ácido clorhídrico al 1%. Finalmente, se realizaron tres extracciones cada una de 10 mL de acetato de etilo.

Resultados

Para la identificación y monitoreo del avance de las reacciones se utilizaron estándares comerciales**.** La Figura 1 muestra el estándar de naringina.

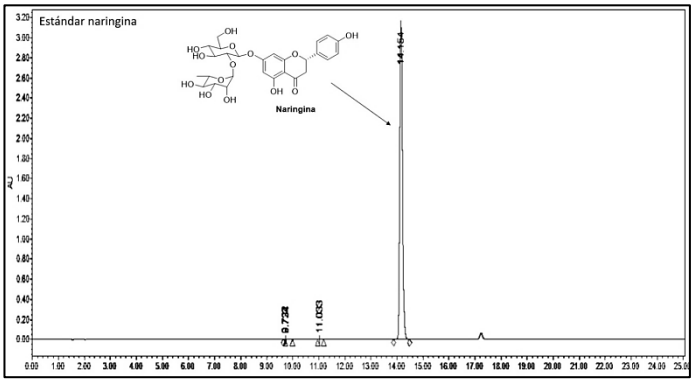


Figura 1. Cromatograma del estándar de naringina.

La Figura 2 muestra la mezcla de estándares de naringina y naringenina. Se observa que el flavonoide libre (aglicona) posee mayor tiempo de retención que el compuesto glicosilado (naringina).

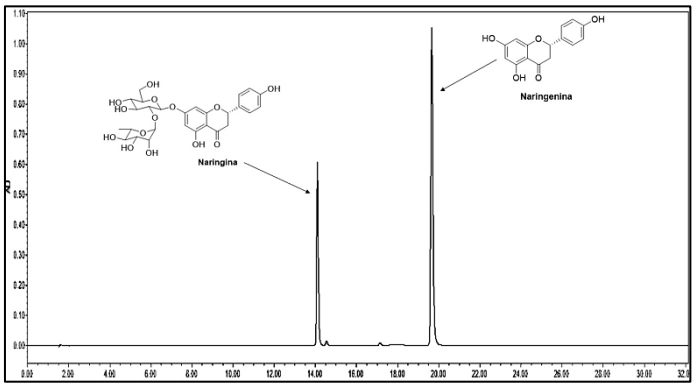
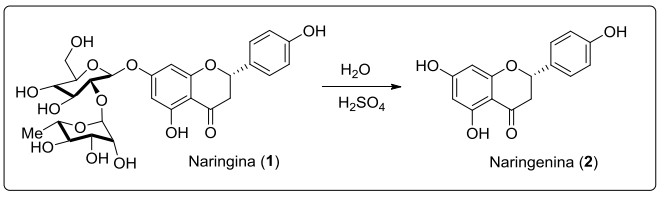


Figura 2. Cromatograma de la mezcla de estándares.

Las pruebas de hidrólisis a partir de la naringina para la obtención de la naringenina (Esquema 1) fueron realizadas mediante dos distintas metodologías: un método convencional (calentamiento a reflujo) y utilizando un método más "eficiente y ecológico" como el uso de las microondas.



Esquema 1. Hidrólisis catalizada por ácido a partir de la naringina.

Los resultados de las pruebas de hidrólisis se muestran en la Tabla 3. Todas las pruebas fueron monitoreadas mediante HPLC-DAD para obtener el % de conversión.

Tabla 3. Reacciones de hidrólisis catalizada por ácido a partir de la naringina.

Experimento	H_2SO_4 [N]	Tiempo (horas)	Conversión (%)
1	0.50	2[a]	50
2	1.00	2[a]	80
3	1.50	2[a]	95
4	2.00	2[a]	97
5	1.50	3[a]	99
6	0.05	2[b]	99
7	0.10	2[b]	100
8	0.50	2[b]	100
9	1.50	2[b]	100

[a]Reacción a reflujo. [b]Reacción realizada en microondas a 120 °C.

En la Figura 3 se muestra el cromatograma obtenido de analizar el producto de la hidrólisis ácida de la naringina utilizando una concentración de ácido 1.5 N y dos horas de reacción.

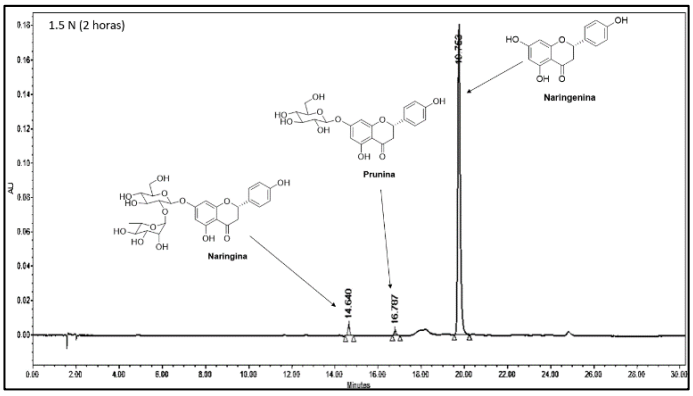


Figura 3. Cromatograma de la reacción de hidrolisis llevada a cabo en 2 horas y con una concentración de ácido 1.5 N (Tabla 3, experimento 3).

La naturaleza química de la naringenina fue confirmada mediante el análisis de sus espectros de RMN de ^{1}H (Figura 4) y ^{13}C (Figura 5).

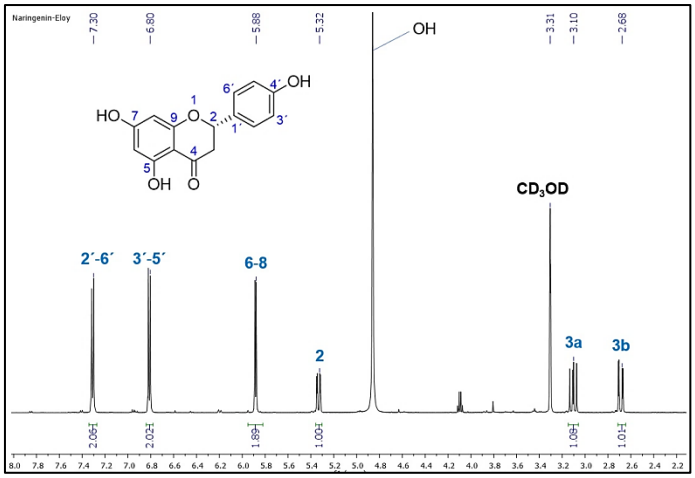


Figura 4. Espectro de ^{1}H de RMN de la naringenina.

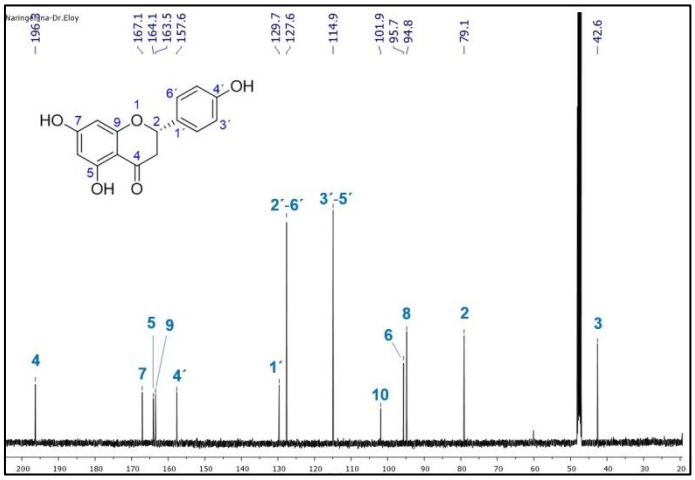
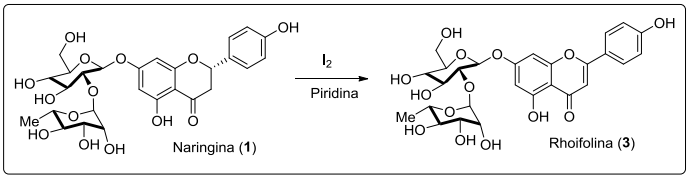


Figura 5. Espectro de ^{13}C de RMN de la naringenina.

Asimismo, se realizaron distintas pruebas para la obtención de la rhoifolina a partir de la naringina utilizando una reacción de oxidación catalizada por yodo y base (Esquema 2).



Esquema 2. Reacción de oxidación catalizada por yodo para la obtención de la rhoifolina.

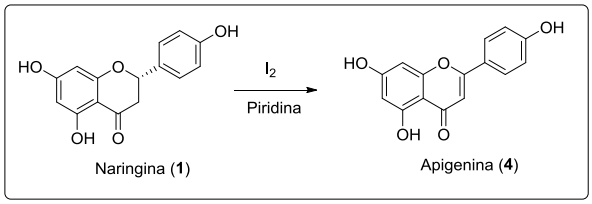
Los resultados de algunas pruebas de oxidación de la naringina se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Reacciones de deshidrohalogenación catalizada por yodo y base a partir de la naringina.

Experimento	Tiempo (h)	Conversión (%)
1	3.5[a]	20
2	24[a]	70

[a]Reacción a 95 °C.

Siguiendo la metodología anteriormente descrita (oxidación), se realizaron distintas pruebas para la obtención de la apigenina a partir de la naringenina (Esquema 3).



Esquema 3. Reacción de oxidación catalizada por yodo para la obtención de la apigenina.

Los resultados de algunas de las pruebas de oxidación de la naringenina para la obtención de la apigenina se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Reacciones de deshidrohalogenación catalizada por yodo y base a partir de la naringenina.

Experimento	Tiempo (h)	Conversión (%)
1	2	15
2	24	99

[a]Reacción a 95 °C.

Discusión

Se desarrollo un método cromatográfico mediante HPLC-DAD que nos permitió identificar a los flavonoides naringina y naringenina (Figura 1 y 2). Dicho método, permitió monitorear el avance de las reacciones de hidrolisis (Figura 3), así como el avance de las transformaciones de las reacciones de oxidación. Además de confirmar la presencia de la naringenina mediante HPLC-DAD, se logró confirmar la naturaleza química de este compuesto mediante el estudio de sus espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C. En la Figura 4 se observa el espectro de ^{1}H de la naringenina, en el cual se muestra la presencia de los protones aromáticos en un desplazamiento químico de entre 5.8 y 7.4 ppm. Asimismo, se observa la señal del protón en la posición 2 a un desplazamiento químico de 5.32 ppm como un doble de doblez. Finalmente, se confirma la presencia de los protones alifáticos y diastereotópicos 3a y 3b a un desplazamiento químico de 3.10 y 2.68 ppm, respectivamente. Así mismo, en el espectro de ^{13}C de la naringenina (Figura 5) se observan 15 señales correspondientes a los 15 carbonos presentes en la molécula. En dicho espectro se puede destacar la presencia del carbono carbonilo a 196.3 ppm, 12 carbonos aromáticos pertenecientes a los anillos A y B de la estructura del flavonoide y las dos señales alifáticas correspondientes a los C-2 y C-3 a 79.1 y 42.6 ppm, respectivamente.

Cabe resaltar que para encontrar las mejores condiciones para obtener a la naringenina se realizaron distintas reacciones de hidrólisis a partir de la naringina utilizando diferentes concentraciones de ácido y tiempo (Esquema 1 y Tabla 3). A partir de dichos experimentos se encontró que las mejores condiciones para obtener la naringenina fueron utilizando una concentración de ácido 1.5 N y un tiempo de 3 horas, en el método convencional. Mientras que en el método alternativo (uso del microondas) se encontró que las mejores condiciones fueron un tiempo de 2 horas y con una concentración de ácido de 0.05 N. Lo anterior indica que el uso de las microondas puede reducir significativamente la concentración de ácido utilizada para la hidrolisis completa y reducir considerablemente el tiempo de reacción. El uso de ambos métodos nos permitió obtener la naringenina en un 99% de conversión.

Por otra parte, se exploraron dos vías independientes para la obtención de la rhoifolina y de la apigenina. La metodología que se siguió para la obtención de

estos compuestos es mediante una reacción de deshidrohalogenación catalizada por yodo y base. Cuando se lleva a cabo dicha reacción partiendo de la naringina es posible sintetizar la molécula de rhoifolina (Esquema 2). La mejor conversión que se logró obtener fue del 70% en un tiempo de reacción de 24 horas (Tabla 4). Asimismo, utilizando la misma reacción de oxidación, pero usando como precursor la naringenina se logró obtener la apigenina (Esquema 3). En dichas pruebas se puede observar que se obtiene un porcentaje de conversión del 99% (Tabla 5) utilizando las mismas condiciones que para la obtención de la rhoifolina.

Conclusiones

En conclusión, se logró establecer un método cromatográfico mediante HPLC-DAD para el monitoreo de los flavonoides y los productos de las diferentes reacciones. Se lograron establecer las condiciones a las cuales ocurre una hidrólisis completa de los azucares por dos distintas metodologías (reflujo y microondas) para la obtención de la naringenina. Asimismo, se logró confirmar mediante espectroscopia de RMN de ^{1}H y ^{13}C la naturaleza química de la naringenina. Finalmente, se logró obtener a los citroflavonoides rhoifolina y apigenina con un buen porcentaje de conversión 70 % y 99%, respectivamente.

Agradecimientos

A la Facultad de Química de Universidad Autónoma de Querétaro por el financiamiento otorgado para la realización de una parte de este trabajo a través del Fondo “Química Somos Todos 2021”.

Referencias bibliográficas

Ghasemzadeh, A., y Jaafar, H. Z. (2013). Profiling of phenolic compounds and their antioxidant and anticancer activities in pandan (pandanus amaryllifolius roxb.) extracts from different locations of Malaysia. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1). doi:10.1186/1472-6882-13-341

Kurahayashi, K., Hanaya, K., Higashibayashi, S., y Sugai, T. (2018). Synthesis of trilobatin from naringin via Prunin as the key intermediate: Acidic hydrolysis of the α-RHAMNOSIDIC linkage in naringin under improved conditions. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 82(9), 1463-1467. doi:10.1080/09168451.2018.1482455

Sudto, K., Pornpakakul, S., y Wanichwecharungruang, S. (2009). An efficient method for the large-scale isolation of naringin from pomelo (citrus grandis) peel. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(9), 1737-1742. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.01989.x

Tripoli, E., Guardia, M. L., Giammanco, S., Majo, D. D., y Giammanco, M. (2007). Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity, and nutritional properties: A Review. *Food Chemistry*, 104(2), 466-479. doi:10.1016/j.foodchem.2006.11.054

USDA. United States Department of Agriculture. (2020). Citrus: world markets and trade. Consultado el 24 de febrero, 2021 Obtenido de: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/w66343603/gf06gq220/rx914c158/citrus.pdf

USDA. United States Department of Agriculture. (2020) Mexico: citrus annual. Consultado el 24 de febrero, 2021 Obtenido de: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Citrus%20Annual_Mexico%20City_Mexico_12-20-2019

Wang, D., Yang, Y., Zhang, L., Zhang, X., Guan, F., y Zhang, L. (2013). Naringin enhances CaMKII activity and improves long-term memory in a mouse model of alzheimer’s disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(3), 5576-5586. doi:10.3390/ijms14035576

Efecto de la fermentación tipo tempeh de la vaina de cacao

Mendoza Zamorano Jonathan[1], Gaytán Martínez Marcela[1], Amaro Reyes Aldo[1], Hernández Iturriaga Montserrat[1], Vergara Castañeda Haydé A.[2], Campos Vega Rocio[1]

[1]Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, 76010, Querétaro, Querétaro.[2]Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro, 76176, Querétaro, Querétaro

Resumen

La cáscara de la vaina de cacao (VC) es el principal subproducto de la industria del chocolate. Es rica en fibra dietética y compuestos antioxidantes. Nuestro grupo de investigación ha implementado estrategias para procesarla. Se ha informado que el uso de la fermentación en estado sólido (llamado "fermentación tipo Tempeh") induce mejoras nutricionales y nutracéuticas en diferentes subproductos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del procesamiento por extrusión y fermentación tipo tempeh de la vaina de cacao (*Theobroma cacao L.*) sobre su composición química, nutracéutica y su funcionalidad biológica *in vitro*. La VC esterilizada fue extruida y fermentada con *Rhizopus oryzae* en diferentes tiempos, y se evaluó su composición proximal y nutracéutica. La VC fermentada tipo tempeh (VF) durante 48h fue elegida para determinar la bioaccesibilidad y la capacidad antioxidante en las fases de digestión gastrointestinal *in vitro* y después de someter la fracción no digerida a una fermentación colónica *in vitro*. La VF48h mostró cambios físicos (pH y humedad), y el tiempo de fermentación se determinó a través del crecimiento del micelio (48h como óptimo). El proceso de fermentación indujo cambios en la composición química de la VC después de 48 horas de fermentación. Además, hubo un aumento significativo en el contenido de taninos y la capacidad antioxidante a las 36h sin cambios en flavonoides y fenoles, con un incremento de su bioaccesibilidad durante su paso por el tracto gastrointestinal (*in vitro*) En conclusión, la fermentación tipo tempeh mejoró el perfil nutricional, las características nutracéuticas y la bioaccesibilidad de compuestos bioactivos de la VC.

Palabras clave: vaina de cacao, fermentación sólida, tempeh, nutracéuticos, subproductos

Summary

Cocoa pod husk (CPH) is the main by-product of the chocolate industry. Its rich in dietary fiber and antioxidant compounds. Our research group has implemented strategies to process the CPH. It has been informed that the use of solid-state fermentation (called “Tempeh fermentation”) induce nutritional and nutraceutical improvements on by-products. Therefore, the objective of this work is to determine the effect of processing by extrusion and tempeh fermentation of the cocoa pod (*Theobroma cacao L.*) on its chemical and nutraceutical composition and their biological functionality *in vitro*. The sterilized CPH was extruded and fermented with *Rhizopus oryzae* at different times, and their proximal and nutraceutical composition was evaluated. The CPH tempeh fermented (CPHF) during 48h was chosen to determine bioaccessibility, antioxidant capacity, during the gastrointestinal digestion phases *in vitro* and after the undigested fraction was subjected to an *in vitro* colonic fermentation. CPHF displayed physical changes (pH and humidity), and the time of fermentation was determined through mycelial growth (48h as optimal). The fermentation process induces changes in the chemical composition of the CPH after 48h of fermentation. Also, there was a significant increase in tannin content and antioxidant capacity at 36h without changes in flavonoids and phenols and there was an increase in bioaccessibility. In conclusion, there is an improvement in nutritional content, nutraceutical and bioaccessibility characteristics through tempeh fermentation.

Key words: Cocoa pod husk, solid-state fermentation, tempeh, nutraceutical, by-products.

1. Introducción

Actualmente en el mundo se producen grandes cantidades de residuos agroindustriales y orgánicos, etiquetados como biomasa residual o subproductos. Estos subproductos representan aproximadamente el 60% de la biomasa vegetal y causan diferentes

problemas por su eliminación, debido al volumen y naturaleza lignocelulósica. Por lo tanto, se propone el procesamiento de estos subproductos a través de diversas tecnologías. Entre los diferentes subproductos que se reportan son: el bagazo de caña de azúcar, cáscara y cascarilla de café, rastrojo de maíz, paja de arroz, paja de trigo y subproductos del cacao (Vásquez *et al.*, 2018; Rodríguez-García e*t al.*, 2018).

Los subproductos procedentes del cacao se originan durante la cadena de producción, donde los granos de cacao y el mucílago se extraen del fruto y son utilizados para generar algunos productos. Finalmente, la vaina de cacao (VC) es la parte exterior del fruto y representa el 70-80% del peso seco, por lo que se produce una gran cantidad de este residuo, y su eliminación genera problemas de salud, económicos y de producción (Campos -Vega, Nieto-Figueroa & Oomah, 2018).

Para el uso de la vaina de cacao se han propuestos diferentes tecnologías de secado como son la deshidratación por microondas y secado con aire forzado, tanto para procesarla como para mejorar sus propiedades químicas y nutracéuticas (Valadez-Carmona *et al*., 2017; Chemat *et al*., 2017; Nieto-Figueroa *et al.,* 2020).

La combinación de tecnologías para el procesamiento de subproductos como lo es extrusión ha reportado generar mejora en la composición y funcionalidad de estos (Chen *et al.*, 2018; Nieto-Figueroa *et al.*, 2020). Recientemente reportamos que la extrusión combinada con secado por aire forzado no mostró un cambio significativo en las propiedades químicas de la VC, pero sí mostró un cambio en el contenido de taninos, capacidad antioxidante de la matriz y aumento en la bioaccesibilidad de fenoles, flavonoides y taninos condensados que influyen en la capacidad antioxidante, especialmente en la etapa intestinal (Nieto-Figueroa *et al.*, 2020).

Además de las tecnologías mecánico-térmicas para el procesamiento de subproductos y la vaina de cacao, se ha reportado el uso de método enzimático y herramientas biotecnológicas como la fermentación en estado sólido (Vásquez et al., 2018).

La fermentación sólida, incluyendo el tipo tempeh, es un proceso que se caracteriza por la restricción de agua durante el proceso y el crecimiento de microorganismos, en medios sólidos o semisólidos. Este tipo de fermentación se realiza usando hongos filamentosos debido a que pueden transformar residuos con alto contenido de celulosa, hemicelulosas y lignina a través de sus actividades enzimáticas extracelulares (y Postigo *et al.*, 2021).

La fermentación solida tipo tempeh se realizó en la vaina de cacao utilizando *Rhizopus oryzae*, este hongo es reconocido por la EFSA (Agencia Europea de Seguridad Alimentaria) como un microorganismo seguro para su aplicación en alimentos y se ha reportado su uso para el procesamiento de alimentos y subproductos (Batt & Tortorello, 2014; Cantabrana, Perise & Hernández, 2015). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del proceso de secado con flujo de aire, seguido de extrusión y fermentación tipo tempeh sobre la composición química y nutracéutica de la VC y su funcionalidad biológica a través de un modelo de digestión gastrointestinal y fermentación colónica *in vitro* con la finalidad de proponerlo como un ingrediente nutracéutico y funcional.

2. Materiales y métodos

2.1 Materia prima

La VC se obtuvo del fruto del cacao (*Theobroma cacao L.*/tipo Criollo) de Jalpan de Méndez, Tabasco (2020). El mucílago y la semilla se separaron y las vainas se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2%. Finalmente, se trituraron las vainas para obtener una pasta.

2.2 Procesamiento de la vaina de cacao

2.2.1 Secado por flujo de aire y extrusión

La pasta se extrudió en un prototipo de un solo tornillo (45 cm) con dos zonas de calentamiento (15/10 cm). Las condiciones fueron: velocidad de tornillo de 15 rpm y diámetro de tornillo de 1,1 mm y la primera y segunda zonas de calentamiento fueron 60 ° C y 120 ° C. El material extruido se utilizó para la fermentación sólida mediante el método de tempeh.

2.2.2 Fermentación solida con *Rhyzopus oryzae*

El material extruido fue fermentado con *R.oryzae*, adaptando el método de preparación TEMPEH MX (Bélgica) y las condiciones sugeridas por Lateef *et al* (2008). La muestra extruida fue hidratada por 12 h para obtener un porcentaje de humedad de 69% v / v, se colocó en papel de aluminio y posteriormente en la autoclave (15 min / 121 ºC). Se dejó enfriar hasta que la muestra alcanzó una temperatura de 30-35 ºC. Luego se inoculó la muestra con 1 g de cultivo iniciador / 200 g de muestra en bolsas plásticas (Ziploc, Mx) con orificios, a 30-34 ºC durante dos días, protegidas de la luz. Durante el proceso, se verificó la formación y cobertura de micelio de acuerdo con lo propuesto por Chalid & Rahmawati (2019). Se colectaron muestras a las 0, 12, 18, 24, 36 y 48 horas de fermentación; cada muestra se secó a 40 ºC / 24h para inactivación del hongo, se pulverizaron y se guardaron en un lugar fresco, seco y protegido de la luz para su posterior análisis.

2.3 Composición química

Las cenizas, lípidos y nitrógeno se determinaron mediante los métodos de la AOAC, 2002 (923.03, 920.39, 925.10 y 920.87, respectivamente). El contenido de proteínas se calculó como nitrógeno × 6.25. Los carbohidratos se calcularon por diferencia.

2.4 Fibra dietética total, soluble e insoluble

El contenido de fibra dietética soluble, insoluble y total se determinó siguiendo el método enzimático-gravimétrico de Shiga & Lajolo, (2006).

2.5 Compuestos fenólicos

2.5.1 Extracción de compuestos antioxidantes

La extracción de compuestos antioxidantes de acuerdo con lo reportado por Valadez-Carmona *et al.*, (2017). La muestra seca (500 mg) y se pesó en matraces individuales, posteriormente se adicionaron 20 mL de acetona-agua-ácido acético (70: 29.5: 0.5). Los matraces se colocaron en placa de agitación a 400 rpm / 60 min / 20-25 ºC en la oscuridad. Después, las muestras se centrifugaron (10,000 rpm / 30 min / 4 ºC) y los sobrenadantes se recolectaron en viales individuales, almacenándose a -20 ºC hasta su uso.

2.5.2 Compuestos fenólicos, flavonoides y taninos totales

Los compuestos fenólicos se cuantificaron utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu y se midieron a 760 nm utilizando ácido gálico como estándar (10 a 70 µg / mL). Los resultados se expresaron en µg de equivalentes de ácido gálico (GAE) / g de muestra de masa seca. Los flavonoides se determinaron de acuerdo con lo sugerido por Oomah *et al.*, (2005) y se midieron a 404 nm usando rutina como estándar (0,1-2 µg / ml); los resultados se expresaron µg de rutina / g de muestra de masa seca. Los taninos fueron determinados siguiendo la técnica de Deshpande & Cheryan, (1987) usando el procedimiento de vainillina-HCl y fueron medidos a 492 nm usando (+) catequina (CAT) / g de muestra de masa seca.

2.5.3 Capacidad antioxidante (ABTS / DPPH)

La determinación de la capacidad antioxidante se determinó mediante radicales DPPH y ABTS. Para el ensayo de DPPH se siguió el método de Fukomoto & Mazza (2000) en microplaca. Las muestras se leyeron cada 10 min durante 90 min a una longitud de onda de 540 nm. El ensayo ABTS fue realizado por Nenadis *et al*., (2004), el radical ABTS se activó 12 h antes para la interacción. Después de la incubación, se realizó una dilución de 500 µL de la solución preparada con 20-25 mL de etanol y se leyó a 734 nM.

2.6 Digestión gastrointestinal *in vitro*

La digestión gastrointestinal *in vitro* se realizó siguiendo el procedimiento de Campos-Vega *et al*. (2015). Para el procedimiento, se reclutaron cuatro voluntarios sanos, que habían consumido su última comida al menos 90 minutos antes de la prueba. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de participar en el estudio. Un gramo de muestra de la VC sin fermentar (VSF) y sometida a fermentación tipo tempeh por 48 h (VF48h) se mezclaron individualmente en un vaso de precipitados que contenía 5 mL de agua destilada y 5 mL de saliva de 4 participantes sanos. Para la fase gástrica, al volumen final de la fase anterior se le adicionó HCl y pepsina 0.055 que se disolvió con 0.94 mL de HCl 20 nM y se incubó en agitación por 2 ha 37 ºC. Para la simulación de la fase de intestino

delgado, se preparó un extracto intestinal 30 min antes de su uso disolviendo 3 mg de bilis bovina y 2.6 mg de pancreatina, que se disolvieron en 5 mL de solución Krebs-Ringer. Esta solución se gasificó con CO_2 para mantener las condiciones anaeróbicas. La suspensión (15 mL) se transfirió a un tubo de ensayo de vidrio que contenía el intestino invertido. Este estudio fue aprobado por el Comité Interno de Investigación en Humanos de la Universidad Autónoma de Querétaro y cumplió con la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio de los Institutos Nacionales de Salud.

2.6.1 Modelo de saco intestinal evertido (permeabilidad aparente)

El intestino para el modelo de saco intestinal invertido se extrajo de ratas Wistar macho (250-300 g de peso corporal (BW), n = 8 para cada experimento). Para el sacrificio, las ratas se mantuvieron en ayuno durante la noche (16 h) con agua *ad libitum* y se anestesiaron con CO_2. Se extirpó el segmento del yeyuno proximal (25-30 cm) y se colocó en la solución tampón de Krebs-Ringer gasificada a 37 ºC. Luego, se dividió el intestino en segmentos de 6 cm y se lavaron con tampón Krebs-Ringer y se voltearon con una varilla, finalmente los segmentos invertidos (lado seroso) se rellenaron con 1 mL del tampón Krebs-Ringer. El saco intestinal invertido que contenía 15 mL de la suspensión se gasificó con CO_2 para mantener las condiciones anaeróbicas, se incubó en un baño de agua oscilante (80 ciclos por min, 37 ◦C, 15, 30 y 60 min). Una vez que se completó el período de incubación, se retiraron los sacos y la fracción digerida (DF) en el lado basolateral (lado interno del saco invertido) se separó de la fracción no digerible (NDF) en el lado mucoso (exterior). La NDF se sometió a fermentación colónica *in vitro*.

2.7 Fermentación colónica *in vitro*

La fermentación colónica se basó en el método de la microbiota intestinal humana según Campos-Vega *et al.*, (2009). Se colectaron muestras de heces de un donante sano que no tenía enfermedad intestinal previa ni recibió tratamiento antibiótico en los últimos tres meses, y se almacenó inmediatamente a 37 ◦C antes de su uso el mismo día de la recolección. La muestra fecal (3 g) se homogeneizó con 27 mL de tampón fosfato estéril (pH 7,0) y los tubos que contenían medio de cultivo basal se inocularon con 1 mL de solución fecal. Se utilizó la NDF (sólido-líquido, 1: 1) obtenido después de 60 min de incubación durante la etapa del intestino delgado, así como una solución salival de 60 min no digerida como blanco. La inulina se incluyó como referencia de carbohidrato fermentable. Se llevaron a cabo dos ensayos independientes por duplicado a 37 ◦C simulando las condiciones humanas. Durante la fermentación, se monitoreo el pH de las muestras a las 6, 12 y 24 h. Después del período de incubación, los tubos se almacenaron en un congelador a 70 ◦C para su posterior análisis.

2.8 Análisis estadístico

Las comparaciones de datos experimentales se expresaron como media ± (DE) y se realizaron mediante ANOVA de una vía y después con una prueba de Tuckey. Las diferencias estadísticas se consideraron a $p \leq 0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Minitab 16 (Minitab Inc., State College, PA, EE. UU.)

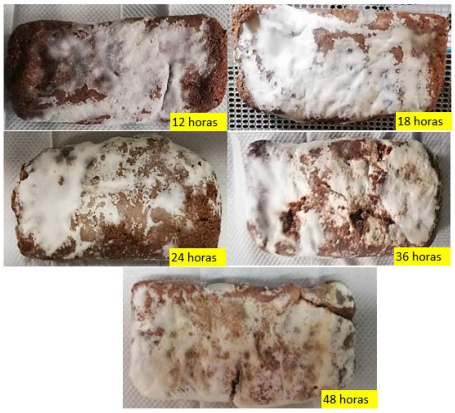
3. Resultados y Discusión

3.1 Fermentación tipo tempeh

Posteriormente a la inoculación de la fermentación sólida tipo tempeh, se procedió a determinar los tiempos de fermentación acorde el crecimiento del micelio de acuerdo con lo reportado Chalid & Rahmawati (2019) con algunas modificaciones. A las 12, 18 y 24 horas se mostró un crecimiento de micelio limitado, y fue hasta las 36 horas donde el mismo micelio se expandió, el proceso continuo hasta obtener un recubrimiento abundante del mismo en la superficie de la vaina de cacao, mostrando así un crecimiento adecuado a las 48 horas (Fig.1). A las 72 horas el micelio en la vaina de cacao mostraba una pigmentación de color negra dando un aspecto organoléptico negativo (no se muestra imagen). El tiempo de fermentación máximo utilizado en esta investigación es menor a lo reportado por otros estudios de la vaina de cacao (Lateef *et al*, 2008; Alemawor, Dzogbefia, Oddoye, & Oldham 2009; Sriherwanto *et al.* 2016; Olugosi et al. 2019), pero

similar a lo reportado por Erkan *et al.* (2020), donde se reportaron tiempos óptimos de fermentación entre las 24 y 48 horas en diferentes leguminosas, esto debido a que los tiempos pueden variar de acuerdo con el tipo de materia prima. Otros puntos que considerar y que tienen efecto en el crecimiento del micelio, y por ende acortar o alargar los tiempos de fermentación son: la cantidad del inoculo y la temperatura. Para la vaina de cacao se utilizó 1 gr de inoculo (1 x 106 esporas) y una temperatura de 34 °C, similar a lo reportado por Cantabrana, Perise & Hernández (2015) y Nelofer, et al. (2018), quienes señalan que un inoculo óptimo para un crecimiento del micelio no mayor a las 36 horas es entre 1 x 106 – 1.5 x 106 y una temperatura entre 30 - 34 °C.

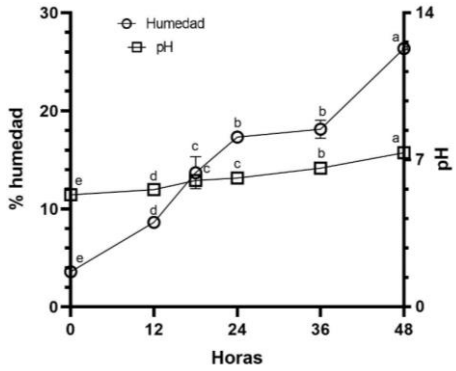
Fig.1. Vaina de cacao fermentada con *R.oryzae* a diferentes tiempos.



3.2 Cambios en la humedad y pH durante la fermentación tipo Tempeh

Para corroborar el cambio de la matriz alimentaria y el crecimiento del microorganismo se evaluaron cambios en el pH y humedad (fig.2), mostrando un incremento significativo del porcentaje de humedad a las 48 horas (26.35%) respecto a las 0 horas (3.59 %) coincidiendo con lo reportado por Chalid & Rahmawati (2019), Wang *et al.* 2018 y Nelofer, *et al.* (2018), indicando que el cambio en la humedad es debido a la producción de agua libre por el proceso metabólico que se genera durante la fermentación sólida y que se genera durante la producción del tempeh. De la misma manera se observó un aumento del pH durante el proceso de fermentación, iniciando con un pH de 5.35 y finalizando con un pH de 7.3. Este cambio en el pH también fue reportado por Erkan *et al.* (2020) en la producción de tempeh con diferentes leguminosas, atribuyendo el aumento del pH a la produccion de amoniaco, sin embargo, de acuerdo con el tipo de microorganismo el pH puede cambiar en el proceso de fermentación.

Fig.2.Porcentaje de humedad y pH de la vaina de cacao en diferentes tiempos de fermentación.



Cada valor representa la media de las muestras entre tiempo por triplicado ± DE y son expresados como porcentaje en base seca. Letras diferentes expresan diferencia significativa entre muestras (α=0.05, por prueba de Tukey).

3.3 Composición química de la vaina de cacao durante el proceso de fermentación

En la tabla 1 se presenta la composición proximal (carbohidratos, proteínas, lípidos, cenizas) y el contenido de fibra total, soluble e insoluble de la vaina de cacao sin fermentar (VSF) y fermentada (VF) a diferentes tiempos de fermentación. De manera general se observan cambios en varios componentes del análisis proximal, lo que demuestra los efectos de la fermentación en la VC. De acuerdo con Campos-Vega, Nieto-Figueroa & Oomah (2018), la composición química de las vainas varía y cambia con el tratamiento.

El contenido de carbohidratos disminuyó a medida que avanzaba el tiempo de fermentación, mostrando una reducción significativa hasta del 8.8% respecto a la VSF. Lo mismo fue observado por Nelofer *et al.* (2013), quienes reportaron la misma disminución de carbohidratos a las 36 h. La disminución de carbohidratos está asociada con la pérdida de fibra, pero este fenómeno puede variar según la matriz alimentaria y se atribuye a acciones enzimáticas como algunas carbohidratasas de *Rhyzopus Oryzae* (Dang & Vasanthan, 2018). Después de 48 horas se observaron cambios en la fibra total con una disminución en el

contenido de fibra insoluble y un aumento en el contenido de fibra soluble, pero sin diferencia significativa. Este mismo fenómeno también ha sido reportado por Oliveira *et al*. (2010) y *Kupski, et al.* (2012). El aumento del contenido de fibra insoluble en las primeras horas de fermentación se debe al crecimiento del hongo, los hongos filamentosos como *R. oryzae* pueden producir otros polisacáridos como celulosa y quitina, y la disminución se debe a la descomposición de la VF por las enzimas fúngicas de *R. oryzae*, estas enzimas descomponen la estructura de lignocelulosa del sustrato (vaina de cacao), y se liberan oligosacáridos y disacáridos. La VF 36 y 48 horas mostró un aumento en el contenido de lípidos en comparación con VSF. Dos Santos Oliveira. (2011) y Lennartsson, Edebo & Taherzadeh (2014) mencionaron que, entre otros hongos filamentosos, *Rhyzopus oryzae* puede sintetizar ácidos grasos únicos. La VF48h también mostró un aumento en el contenido de cenizas, lo que había sido previamente informado por Kupski *et al.* (2012) en salvado de arroz y por Lateef *et al.* (2008) y Alemawor, Dzogbefia, Oddoye & Oldham (2009) en la vaina de cacao; el aumento se atribuye a una disminución de algunas fracciones orgánicas de la vaina durante el proceso de biotransformación.

Tabla1. Composición química de la vaina de cacao fermentada

	0 (VSF)	12	18	24	36	48
CHs	87.14 (2.11)^{a}	86.79 (0.14)^{a}	86.44 (0.50)^{a}	82.96 (0.02)^{ab}	80.77 (1.62)^{bc}	78.34 (1.28)^{c}
FT	66.70 (0.70)^{ab}	69.32 (0.92)^{a}	69.19 (2.38)^{a}	66.49 (2.07)^{ab}	64.43 (2.22)^{b}	64.89 (0.53)^{ab}
FI	61.12 (0.05)^{ab}	64.28 (0.86)^{a}	64.34 (2.45)^{a}	62.01 (1.50)^{ab}	60.27 (1.58)^{b}	58.81 (0.78)^{b}
FS	5.58 (0.73)^{ab}	5.03 (0.26)^{ab}	4.85 (0.47)^{ab}	4.47 (0.60)^{ab}	4.15 (0.63)^{b}	6.06 (0.71)^{a}
Proteína	4.87 (0.31)^{d}	4.99 (0.08)^{d}	5.63 (0.19)^{d}	6.84 0.48^{c}	8.84 (0.33)^{b}	9.73 (0.19)^{a}
Lípidos	1.49 (0.14)^{b}	1.32 (0.20)^{b}	1.40 (0.22)^{b}	2.54 (0.46)^{a}	3.21 (0.98)^{a}	3.71 (0.93)^{a}
Cenizas	6.50 (0.93)^{b}	6.90 (0.15)^{b}	6.53 (0.46)^{b}	7.66 (0.11)^{ab}	7.18 (0.40)^{ab}	8.22 (0.19)^{a}

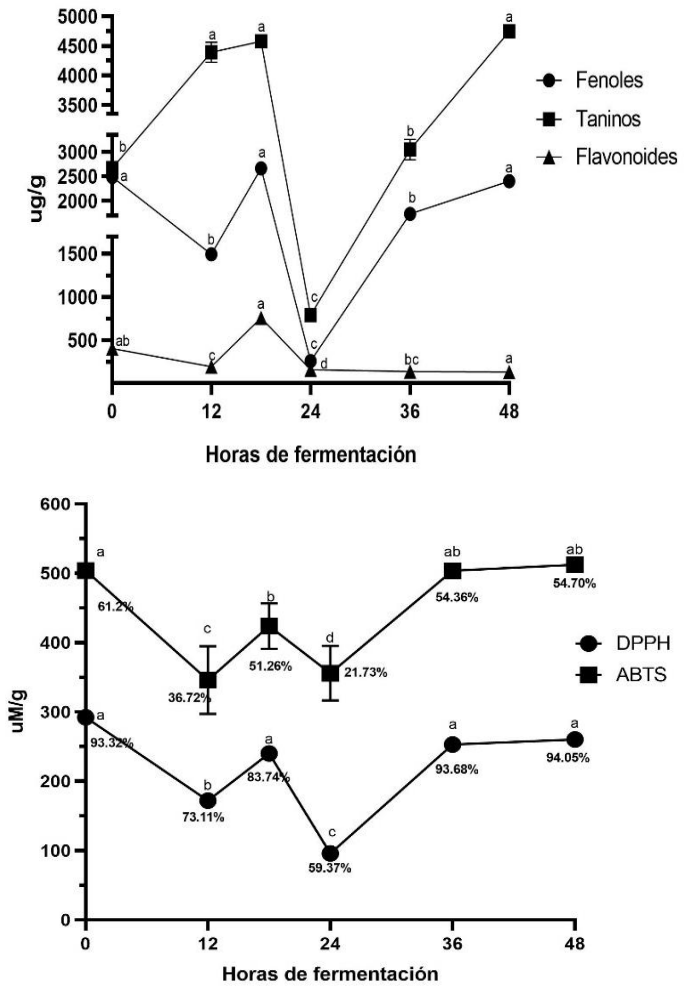
Cada valor representa la media de tres experimentos independientes por triplicado ± DE y son expresadas como porcentaje en base seca . Letras diferentes por columna expresan diferencia significativa entre muestras (α=0.05, por prueba de Tukey). Carbohidratos (CHs), Fibra total (FT), Fibra insoluble (FI), Fibra soluble (FS).

3.4 Composición nutracéutica de la vaina de cacao

En general, hay dos momentos diferentes en el contenido de compuestos fenólicos de la VF: en las primeras horas hay un incrementó y a las 24 horas de la fermentación disminuyó, finalmente fenoles totales y taninos aumentaron sin diferencia significativa y los flavonoides continuaron disminuyendo a las 36 y 48 horas (Figura 3).

De acuerdo con lo reportado por Alemawor *et al.* (2009), Kupski *et al.* (2012) y Das *et al.* (2015) el aumento del contenido de compuestos antioxidantes como fenoles totales, se debe a la liberación de compuestos antioxidantes por la degradación de la lignina mientras que la reducción que se presenta por la hidrólisis del hongo a estos compuestos bioactivos, produciéndose moléculas bioactivas pequeñas. Los taninos tuvieron el mismo comportamiento que los fenoles totales, y fue el compuesto bioactivo más abundante. Esto puede deberse al aumento de la actividad de la tanasa y a la degradación de otros componentes como la celulosa y las proteínas por parte del sistema enzimático fúngico (Altop, *et al*., 2018, Londoño-Hernández, *et al*., 2020). Finalmente, la cantidad de flavonoides fue baja y tuvo la misma variación a lo largo del tiempo de fermentación. Según Gebru & Sbhatu (2020) se puede deber a su oxidación por la polifenol oxidasa o la unión con polisacáridos del sustrato, volviendo a los flavonoides menos sensible a las enzimas fúngicas. Este cambio en el contenido de polifenoles debido a la fermentación se refleja en una baja capacidad antioxidante en las primeras horas y una alta capacidad antioxidante a las 36 y 48 horas. Sin embargo, a través de un análisis de correlación muestra que la capacidad antioxidante es proporcionada por los fenoles, esto mismo fue reportado por Kupski *et al.* (2012), Buenrostro-Figueroa *et al.* (2017) y Das *et al.* (2015) en otras matrices alimentarias.

Fig.3. Composición nutraceútica y capacidad antioxidante de la vaina de cacao sin fermentar (0h) y fermentada.



Cada valor representa la media de tres experimentos independientes por triplicado ± DE y son expresadas como µg equivalentes de ácido gálico, (+) catequina, rutina por g de muestra para fenoles, taninos y flavonoides respectivamente. La capacidad antioxidante es expresada como como µM eq. Trolox/g de muestra Letras minúsculas diferentes expresan diferencia significativa entre muestras (α=0.05, por prueba de Tukey).

3.5 Bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos de la vaina fermentada

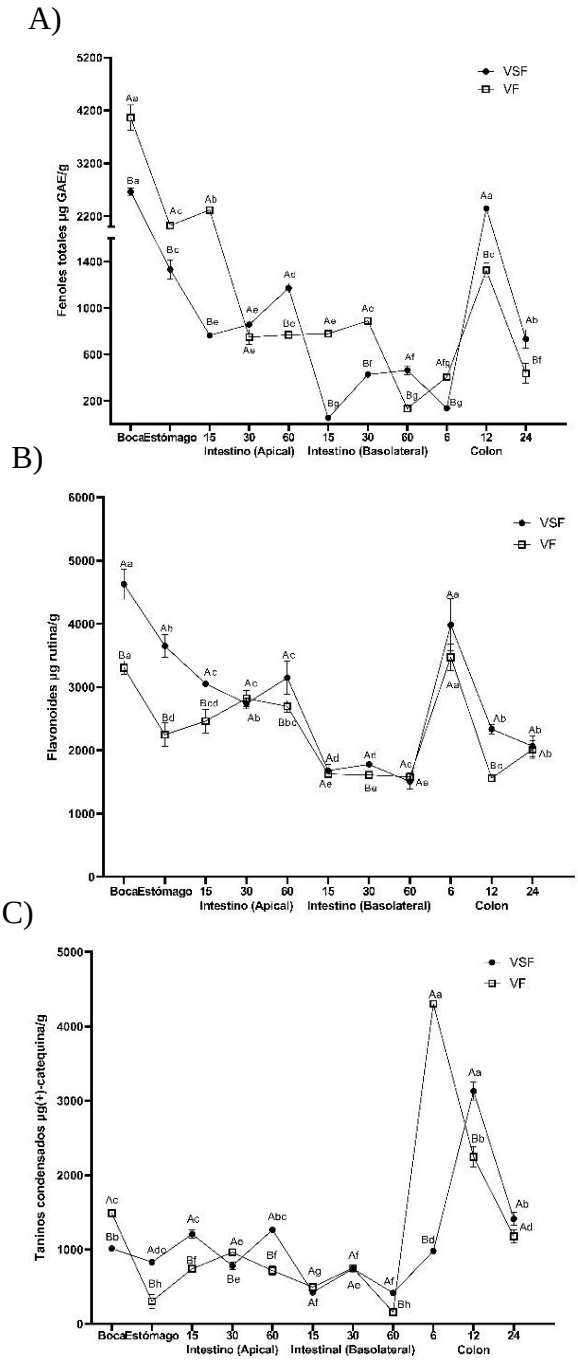
La bioaccesibilidad *in vitro* de los diferentes polifenoles se ilustran en la fig. 4. Durante la etapa oral se observó un mayor contenido de los tres grupos fenólicos principalmente de los flavonoides de la VF48h y VSF, además de un aumento de la bioaccesibilidad de fenoles y taninos respecto a la VSF. En la etapa gástrica los tres grupos de antioxidantes mostraron una disminución respecto a las demás etapas de la digestión, pero un mayor contenido en comparación con la VSF a excepción de flavonoides. Para la etapa intestinal del lado apical, la bioaccesibilidad vario de acuerdo con el tipo de compuesto antioxidante, mostrando un aumento de la accesibilidad de fenoles a los 15 minutos; taninos y flavonoides a los 30 minutos. Del lado basolateral se observó una disminución de la bioaccesibilidad, pero a través de la permeabilidad aparente se observó una biodisponibilidad de fenoles, taninos y flavonoides a los 15 minutos indicando su paso a través de la pared intestinal.

En la etapa colónica se presentó un aumento de la bioaccesibilidad a las 6 horas de fermentación de taninos condensados y flavonoides de la VF48h, este último con diferencia significativa respecto a la VSF. Mientras el grupo de fenoles totales mostró un incrementó sin diferencia significativa a las 12 horas. Durante el proceso de masticación se ha reportado que a través del proceso mecánico se origina una liberación de estos compuestos como también la formación de complejos de compuestos fenólicos (Capuano, 2017). Mientras que la baja bioaccesibilidad de taninos se atribuye al grado de polimerización y la interacción que puedan tener con la fibra de la vaina de cacao, ocasionando que su bioaccesibilidad se vea afectada (Nieto-Figueroa *et al.*, 2019). Posteriormente de la fase bucal, la matriz alimentaria compuesta de carbohidratos no digeribles como lo es la vaina de cacao pasa a través del estómago con un ligero cambio en su composición debido al HCl y enzimas gástricas, esta obtiene una consistencia viscosa y más o menos permeable dependiendo de los polímeros que la conforman. Nieto-Figueroa *et al.*, (2020) reportó tener una nula bioaccesibilidad en la fase gástrica de los compuestos fenólicos, esto debido a la composición alta en fibra de la vaina de cacao y de acuerdo con Palafox-Carlos, Ayala-Zavala, & González-Aguilar, (2011) el tipo y contenido de fibra puede reducir la absorción de antioxidantes como otros nutrientes, atrapándolos en la matriz. Chen, *et al.* (2019), reportó que el procesamiento de subproductos como el salvado de arroz a través de la fermentación sólida y extrusión

permite mejorar la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los compuestos fenólicos.

También, por parte de Janarny & Gunathilake, (2020) se mostró un incremento de la biodisponibilidad del salvado de arroz fermentado, la cual está dada por el previo procesamiento enzimático de *R.oryzae;* sin embargo, el proceso de transformación de lo compuesto fenólicos durante la fase intestinal puede ser afectada por las condiciones de la fermentación ocasionando una baja biodisponibilidad. Herrera-Cazares *et al.* (2020), a través de un modelo de digestión *in vitro* para evaluar la bioaccesibilidad del bagazo del mango, reportó un mayor contenido flavonoides del lado apical y una ausencia de lado basolateral de acuerdo con la permeabilidad aparente, indicado que esto es debido a que la mayoría de los flavonoides se unen a otros compuestos no digeribles o de digestión lenta mejorando su resistencia a la degradación gastrointestinal, disminuyendo así su biodisponibilidad. De igual manera reportó una disminución de la concentración de taninos en la fase intestinal, atribuyendo la baja bioaccesibilidad y nula permeabilidad a la estructura molecular de los taninos sugiriendo que estos compuestos bioactivos serán metabolizados en la fase colónica por la microbiota. Williamson, Kay, & Crozier (2018) y Serrano *et al*., (2009), indicaron que los flavonoides y taninos que no son absorbidos en la fase intestinal viajan hasta el colon y que las fracciones conjugadas y las agliconas resultantes están sujetas a la fisión del anillo, lo que lleva a la producción de ácidos fenólicos y compuestos aromáticos. De acuerdo con lo reportado por Roasa, De Villa, Mine & Tsao, 2021, los cambios de la bioaccesibilidad en el colon a través del tiempo reportados en la presente investigación podrían ser debido a que el procesamiento facilita la actividad de las enzimas de la microbiota, originando la liberación de fenoles de la fibra procedente de la vaina de cacao y la síntesis de metabolitos fenólicos en las primeras horas. Sin embargo, la disminución posterior podría darse por la utilización de la misma microbiota (Herrera-Cazares *et al.*, 2017).

Fig.4.Bioaccesibilidad *in vitro* del grupo de polifenoles de la VSF y VF48h



Cada valor representa la media de dos experimentos independientes por triplicado ± DE. Y son expresadas A) Fenoles totales µg equivalentes de ácido gálico/ g. B) Flavonoides µg rutina/ g. C)Taninos condensados (+)-catequina/ g. Letras mayúsculas diferentes expresan diferencia significativa entre muestra. Letras minúsculas diferentes expresan diferencia significativa entre etapas de la digestión entre muestra muestras (α=0.05, por prueba de Tukey).

3.6 Capacidad antioxidante de la VSF y VF48h durante la digestión gastrointestinal *in vitro*

En la tabla 2 se muestra la capacidad antioxidante en las etapas de la digestión y fermentación colónica *in vitro* de la vaina de cacao sin fermentar y fermentada. Se observó que la capacidad antioxidante de DPPH de la VF48h en comparación con la VSF es mayor significativamente en cada etapa, con excepción del lado basolateral y con una diferencia significativa en la boca respecto a las demás etapas. En la capacidad antioxidante de la VF 48h evaluada por ABTS solamente mostró diferencia significativa en la boca respecto a cada fase y muestra, observándose una tendencia de disminución en el estómago-lado apical y un incremento en el lado basolateral y colon.

El aumento de la capacidad antioxidante está dado por la liberación de compuestos fenólico en cada etapa (Campos-Vega *et al.* 2015; Luzardo-Ocampo *et al.* (2017). Nieto-Figueroa *et al.* (2019) mencionó que la disminución de los polifenoles y aumento de la capacidad antioxidante puede ser debido a que los compuestos fenólicos se encuentran atrapados en la matriz de la fibra en el quimo, lo que obstruye su cuantificación y variación de la concentración de fenoles con la capacidad antioxidante. De acuerdo con Saura-Calixto, Serrano, & Goñi, (2007) a pesar de la disminución de la capacidad antioxidante evaluada por DPPH, esta puede estar dada por la liberación de los compuestos nutracéuticos en el intestino de la VF48; posteriormente llegaran al colon y con la liberación de otros compuestos nutracéuticos y metabolitos aumentara la capacidad antioxidante en esta etapa

4. Conclusión

Por primera vez se reporta la fermentación tipo tempeh con *R. oryzae* en la vaina de cacao, mostrándose un crecimiento y desarrollo óptimo del hongo a las 48 horas, originando un cambio en su contenido de proteína, lípidos y cenizas. Además de incrementar el contenido de taninos y una mayor bioaccesibilidad y permeabilidad de fenoles.

Tabla2. Capacidad antioxidante durante la digestión gastrointestinal y fermentación colónica *in vitro* de la VSF y VF48

ETAPAS	DPPH µM trolox/g		ABTS µM trolox/g	
	VSF	VF	VSF	VF
Boca	2194 ± 11.4^{Aa}	2276 ± 73.8^{Aa}	1595 ± 95.6^{Ba}	1995 ± 89.9^{Aa}
Estómago	1752 ± 102.3^{Ac}	1883 ± 155.0^{Ac}	1653 ± 16.4^{Aa}	1202 ± 96.4^{Bc}
Intestinal (Apical)				
15	1451 ± 37.9^{Ad}	1442 ± 112.1^{Ad}	948 ± 14.7^{Ac}	795 ± 67.8^{Bd}
30	1441 ± 29.3^{Bd}	1579 ± 51.0^{Ade}	836 ± 51.2^{Ac}	713 ± 9.6^{Bd}
60	1398 ± 39.4^{Bd}	1498 ± 46.9^{Ad}	911 ± 5.9^{Ac}	790 ± 46.9^{Bd}
Intestinal (Basolateral)				
15	1325 ± 370^{Ad}	1219 ± 62.9^{Aef}	1151 ± 48.5^{Ab}	1188 ± 29.9^{Ac}
30	1337 ± 245^{Ad}	1160 ± 77.4^{Bf}	1261 ± 24.5^{Ab}	1164 ± 37.1^{Bc}
60	1347 ± 17.7^{Ad}	1171 ± 9.1^{Bef}	1285 ± 3.2^{Ab}	1276 ± 12.8^{Ac}
Colon				
6 h	1775 ± 62.0^{Bc}	1959 ± 84.5^{Abc}	1560 ± 19.2^{Aa}	1584 ± 10.5^{Ab}
12 h	2004 ± 13.3^{Bb}	2232 ± 99.3^{Aab}	1561 ± 65.5^{Aa}	1650 ± 78.7^{Ab}
24 h	1929 ± 29.6^{Bb}	2341 ± 156.4^{Aa}	1621 ± 94.8^{Aa}	1559 ± 75.3^{Ab}

Cada valor representa la media de dos experimentos independientes por triplicado ± DE y son expresadas como µM equivalentes de trolox por g de muestra. Letras mayúsculas diferentes por columna expresan diferencia significativa entre muestra sin fermentar y fermentada. Letras minúsculas diferentes por renglón expresan diferencia significativa entre etapas de la digestión de cada muestra (α=0.05, prueba de Tukey).

Referencias

Alemawor, F., Dzogbefia, V. P., Oddoye, E. O., & Oldham, J. H. (2009). Effect of Pleurotus ostreatus fermentation on cocoa pod husk composition: Influence of fermentation period and Mn2+ supplementation on the fermentation process. *African Journal of Biotechnology*, *8*(9).

Altop, A. (2019). Effect of solid-state fermentation on main nutritional components, some minerals, condensed tannin and phenolic compounds of olive leaves. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *7*(1), 115-119

Batt, C.A & Tortorello, M.L. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology.* ELSEVER: United States of America

Buenrostro-Figueroa, J. J. *et al.* (2017). Solid state fermentation of fig *(Ficus carica L.)* by-products using fungi to obtain phenolic compounds with antioxidant activity and qualitative evaluation of phenolics obtained. *Process Biochemistry*, *62*, 16-23.

Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa *(Theobroma cacao L.)* pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology, 81,* 172-184.

Campos-Vega, R. *et al.* (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. *et al.* (2009). Chemical composition and *in vitro* polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science, 74*(7), T59–T65.

Capuano, E. (2017). The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(16), 3543-3564.

Cantabrana, I., Perise, R., & Hernández, I. (2015). Uses of *Rhizopus oryzae* in the kitchen. *International Journal of Gastronomy and Food Science, 2 (2),* 103-111.

Chalid, S. Y., & Rahmawati, S. H. A. (2019). Angiotensin converting enzyme inhibitor activity of the soybean tempeh protein as functional food. *International Journal, 16(56),* 73-78.

Dang, T.T. & Vasanthan, T. (2018). Modification of rice bran dietary fiber concentrates using enzyme and extrusion cooking. Food Hydrocolloids, 89, 773-782.

Das, R. K., Lonappan, L., Brar, S. K., & Verma, M. (2015). Bio-conversion of apple pomace into fumaric acid in a rotating drum type solid-state bench scale fermenter and study of the different underlying mechanisms. *RSC Advances*, *5*(126), 104472-104479.

Deshpande, S. S., & Cheryan, M. (1987). Determination of phenolic compounds of dry beans using vanillin, redox and precipitation assays. *Journal of Food Science, 52*(2), 332–334.

dos Santos-Oliveira, M., Feddern, V., Kupski, L., Cipolatti, E. P., Badiale-Furlong, E., & de Souza-Soares, L. A. (2011). Changes in lipid, fatty acids and phospholipids composition of whole rice bran after solid-state fungal fermentation. *Bioresource Technology*, *102*(17), 8335-8338.

Erkan, S. B. *et al.* (2020). Production and characterization of tempehs from different sources of legume by *Rhizopus oligosporus*. *Food Science & Technology*. *119*,108880.

Gebru, Y. A., & Sbhatu, D. B. (2020). Effects of Fungi-Mediated Solid-State Fermentation on Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Brown and White Teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) Grains. *Journal of Food Quality*, *2020*.

Herrera-Cazares, L. A., Hernández-Navarro, F., Ramírez-Jiménez, A. K., Campos-Vega, R., Reyes-Vega, M. de la L., Loarca-Piña, G., Gaytán-Martínez, M. (2017). Mango-bagasse functional-confectionery: vehicle for enhancing bioaccessibility and permeability of phenolic compounds. *Food & Function*, *8*(11), 3906–3916.

Guo, Q., Kang, J., Bai, Y., & Xu, F. (2018). Dietary Fiber: Chemistry, Structure, and Properties. *Journal of Chemistry, 1*(2).

Kupski, L. *et al.* (2012). Solid-state fermentation for the enrichment and extraction of proteins and antioxidant compounds in rice bran by Rhizopus oryzae. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *55*(6), 937-942.

Janarny, G., & Gunathilake, K. D. P. P. (2020). Changes in rice bran bioactives, their bioactivity, bioaccessibility and bioavailability with solid-state fermentation by Rhizopus oryzae. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101510.

Lateef, A. *et al.* (2008). Improving the quality of agro-wastes by solid-state fermentation: enhanced antioxidant activities and nutritional qualities. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *24*(10), 2369-2374.

Londoño-Hernandez, L., Ruiz, H. A., Ramírez, T. C., Ascacio, J. A., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2020). Fungal detoxification of coffee pulp by solid-state fermentation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *23*, 101467.

Lennartsson, P.R., Edebo, L., Taherzadeh, M.J. (2014): *Rhizopus*. In: Encyclopedia of Food Microbiology, Batt, C.A., Tortorello, M.L. (Eds.), Vol 3., Elsevier, pag. 284–290

Nenadis, N., Wang, L.-F., Tsimidou, M., & Zhang, H.-Y. (2004). Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS•+ assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(15), 4669–4674.

Nieto-Figueroa, K. H. *et al.* (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.

Oliveira, M. D. S., *et al.* (2010). Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass. *CyTA–Journal of Food*, *8*(3), 229-236.

Olugosi, O. A., Agbede, J. O., Adebayo, I. A., Onibi, G. E., & Ayeni, O. A. (2019). Nutritional enhancement of cocoa pod husk meal through fermentation using Rhizopus stolonifer. *African Journal of Biotechnology*, *18*(30), 901-908.

Oomah, B. D., Cardador-Martínez, A., & Loarca-Pi˜na, G. (2005). Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture, 85*(6), 935–942.

Palafox-Carlos, H., Ayala-Zavala, J. F., & González-Aguilar, G. A. (2011). The Role of Dietary Fiber in the Bioaccessibility and Bioavailability of Fruit and Vegetable Antioxidants. *Journal of Food Science*, *76*(1), R6–R15.

Roasa, J., De Villa, R., Mine, Y., & Tsao, R. (2021). Phenolics of cereal, pulse and oilseed processing by-products and potential effects of solid-state fermentation on their bioaccessibility, bioavailability and health benefits: A review. *Trends in Food Science & Technology*.

Rodriguez-García, *et al.,* (2018). Valorization strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 14,* 80-88. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007

Sriherwanto, C. *et al.* (2016). Effects of Rhizopus oryzae fermentation of cocoa byproduct on certain amino acid and theobromine contents. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, *3*(2), 72-80.

Shiga, T. M., & Lajolo, F. M. (2006). Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Composition and structure. *Carbohydrate Polymers, 63*(1), 1–12. Singleton.

Valadez-Carmona, L. *et al.* (2017). Effects of microwaves, hot air and freeze-drying on the phenolic compounds, antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks *(Theobroma cacao L.)*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 41,* 378-386.

Vásquez, *et al.* (2018). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management, 90,* 72-83.

y Postigoe, *et al.,* (2021). Solid-state fermentation for enhancing the nutraceutical conte nt of agrifood by-products: Recent advances and its industrial feasibility. *Food Bioscience*, 100926

Efecto anticancerígeno de *Stevia tomentosa* sobre cáncer de mama.

Autor: Q.F.B. Marian Astrid Mera Cazares. Estudiante de la Maestría en Ciencias Químico Biológicas. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro.
Correo electrónico: m_am_c16@hotmail.com Tel: 4611394001.

Asesor: Dra. Jesica Esther Escobar Cabrera. Laboratorio de Investigación Genética. Posgrado en Ciencias Químico Biológicas. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Correo electrónico: jeec82@yahoo.com.mx. Tel: 1921200 ext. 5528.

Resumen

El cáncer de mama ocupa el primer lugar de casos de cáncer femenino en México. Si bien la enfermedad cuenta con distintos tratamientos, todos ellos presentan efectos secundarios no deseados, además de que las células cancerígenas son capaces de adquirir resistencia a ellos. Por este motivo la búsqueda de tratamientos más inocuos y que puedan sobrellevar esa resistencia es importante. Los productos naturales han demostrado esas capacidades. La *Stevia tomentosa* es una especie endémica mexicana del género *Stevia.* Cuando se habla de cáncer de mama es importante recordar que no todos los casos son iguales y, por lo tanto, no responden de la misma manera a los tratamientos. Debido a todo lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar el efecto antiproliferativo y antimigratorio de un extracto de *Stevia tomentosa* sobre dos modelos in vitro de cáncer de mama, un modelo dependiente de hormonas y uno triple negativo. La metodología consta de un ensayo de proliferación por el método de azul tripano y uno de migración por el método de ensayo herida. Los resultados demostraron que el extracto de *S. tomentosa* disminuye significativamente la proliferación y la migración de las células MCF-7 y MDA-MB-231 al utilizar las IC50 en cada línea celular.

Abstract

Breast cancer ranks first in female cancer cases in Mexico. Although the disease has different treatments, all of them have unwanted side effects, in addition to the cancer cells being capable of acquiring resistance to them. For this reason, the search for safer treatments that can overcome this resistance is important. Natural products have demonstrated these capabilities. *Stevia tomentosa* is an endemic Mexican species of the genus *Stevia*. When talking about breast cancer it is important to remember that not all cases are the same and, therefore, do not respond in the same way to treatments. Due to all of the above, the objective of this work is to determine the antiproliferative and antimigratory effect of a *Stevia tomentosa* extract on two in vitro models of breast cancer, a hormone-dependent model and a triple negative one. The methodology consists of a proliferation test by the trypan blue method and a migration test by the wound assay method. The results that *S. tomentosa* extract reduces significantly proliferation and migration of MCF-7 and MDA-MB-231 cells when IC50 is used in each cell line.

Palabras clave: Cáncer de mama *Stevia tomentosa*, proliferación, migración, MDA-MB-231, MCF-7.

Key words: Breast cancer, *Stevia tomentosa*, proliferation, migration, MDA-MB-231, MCF-7.

Introducción:

Se llama cáncer a un grupo de enfermedades genéticas caracterizadas por el crecimiento acelerado de células anormales y que además salen de sus límites, forman tumores, invaden tejidos adyacentes a un tumor original o se propagan a otros tejidos lejanos. Por lo tanto, el cáncer de mama es el crecimiento anormal de las células mamarias. Estas células pueden ser las de los lobulillos (glándulas encargadas de la generación de leche), o de los conductos por los cuales se transporta la leche desde los lobulillos hasta el pezón. El cáncer de mama puede generarse también en los tejidos estromales, es decir, los tejidos conjuntivos grasos y fibrosos de la mama. Cuando el cáncer de mama está en una etapa avanzada, puede invadir el tejido mamario sano y los ganglios linfáticos ubicados en la zona axilar. Si las células cancerígenas logran invadir a estos ganglios, entonces tienen mayor facilidad para migrar hacia otras partes del cuerpo (Breastcancer, 2021).

Según la Organización Mundial de la salud, en el 2020 se presentaron 19,292,789 casos nuevos de cáncer en el mundo, de los cuales, el 11.7% del total y el 6.9% de las muertes se trató de cáncer de mama. En México, en el mismo año se presentaron 195,499 casos nuevos de cáncer y 90,222 muertes asociadas a la enfermedad, siendo el cáncer de mama el mayor contribuyente con 15.3% del total de los casos y 8.8% del total de muertes asociadas a cáncer en el país (Globocan, 2021).

Para el tratamiento de los diferentes tipos de cáncer desde los años 40’s hasta 2019 se registraron ante la FDA 247 moléculas de las cuales, alrededor del 70% son macromoléculas biológicas, productos naturales, fitomedicamentos o sus derivados (Newman y Cragg, 2020).

Un género recientemente estudiado es la *Stevia* que ha demostrado su efecto anticancerígeno. Actualmente, no se conoce la composición química de todas las especies del género pero se ha encontrado que comparten familias de metabolitos secundarios que le proveen al género de efectos hipoglucemiantes, reguladores de presión arterial, antiinflamatorios, protectores renales, antioxidantes y anticancerígenos (Gupta *et al*., 2017) como los aceites esenciales (borenol, cineol, pulegona, geraniol, acetato de linalol, chamazuleno, a-humuleno, cariofileno, etc.), derivados de acetofenona, benzofurano y cromeno (p-hidroxiacetofenona), sesquiterpenos funcionalizados (bisabolenos, germacrenos, eudesmanos, guaianólidos, longipinanos, elemanólidos, eremaofilanos, pseudoguaianólidos), diterpenos, triterpenos, esteroles (b-sitosterol, estigmasterol, camperstrol, olenanos, lupanos, taraxateranos, friedelanos) y flavonoides (Álvarez-García, 2005).

Relacionado con su efecto anticancerígeno se ha reportado que el extracto etanólico de *Stevia rebaudiana* tiene efectos negativos sobre la viabilidad de células de cáncer de mama, cáncer de colon, cáncer de pulmón, cáncer cervical y cáncer de páncreas. Mann y colaboradores reportaron que el aceite esencial de *S. rebaudiana* tiene la capacidad de disminuir la proliferación de células de glioma de rata y cáncer de ovario de hámster (Mann *et al.,* 2019). El estevióside encontrado en *Stevia rebaudiana* ha demostrado tener la capacidad de inhibir el crecimiento celular y causar apoptosis en líneas de cáncer de mama (Khare y Chandra, 2019) y el esteviol presente en la misma especie tiene efecto proapoptótico dependiente de la concentración en células de cáncer de mama responsivas a hormonas (Gupta *et al.,* 2017) e inhibición de crecimiento de células cancerígenas gastrointestinales, por medio de la inducción de apoptosis mitocondrial (Chen *et al.,* 2018). Finalmente, Martínez-Rojo y colaboradores reportaron en 2020 que los extractos metanólicos de *Stevia pilosa* y *Stevia eupatoria* disminuyen la proliferación y la migración de células de cáncer de próstata (Martínez-Rojo *et al*., 2020).

Una especie de *Stevia* aún no estudiada es la *Stevia tomentosa*, esta es endémica de los bosques pino-encino como los de la sierra madre oriental que comprende estados como Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí. De ella se ha logrado aislar compuestos como acetato de dammaranilo, 3β-friedelanol, b-sitosterol y estigmasterol, presentes en otras especies del género (Álvarez-García, 2005), además de una lactona sesquiterpénica (diepoxiguaianolida) y un bisaboleno ((2R,3R,6R,7S)-2,3-epoxi-2,3- dihidrobisabolen-1-ona) (Valdez-Calderón et al., 2013) que solo han sido reportados para *S. tomentosa*. Esta especie del género ha demostrado efecto antimicrobiano contra *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis y Salmonella typhymuríum* (Álvarez-García, 2005).

Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de un extracto metanólico de hoja de *Stevia tomentosa* sobre la proliferación y la migración de células de cáncer de mama sensibles a hormonas MCF7 y las triple negativas MDA.MB-231.

Metodología:

Efecto antiproliferativo del extracto de *Stevia tomentosa.*

Las células de cáncer de mama (MCF-7 y MDA-MB-231) se cultivaron en medio DMEM completo, en cajas p24 suplementadas con 1 % de antibiótico y 10 % de suero fetal bovino y conservadas a 37°C y 5 % de CO_2 hasta una confluencia del 90%. Una vez que llegaron a esta confluencia (después de 24 horas), fueron tratadas con el extracto metanólico de hoja de *Stevia tomentosa* a concentraciones de 12.5, 25, 50, 100, 250 y 500 µg/mL y un control con medio de cultivo adicionado con DMSO (2.5%). Después de 24 horas las células viables fueron tripsinizadas y contadas por el método de azul tripano.

Efecto en la migración del extracto de *Stevia tomentosa.*

El efecto en la migración celular fue medido por la técnica de ensayo herida. Para realizarlo las células fueron sembradas en cajas p6 (300,000 por pozo), cuando alcanzaron la confluencia de 90% (después de 24 horas), se realizaron 3 heridas por pozo y se les agregó el tratamiento. Se analizaron cuatro grupos diferentes: un control adicionado con DMSO (2.5%), la concentración inhibitoria 25 (47.14 µg/mL para MCF-7 y 117.25 µg/mL para MDA-MB-231) y la concentración inhibitoria 50 (94.28 µg/mL para MCF-7 y 234.5 µg/mL para MDA-MB-231). La migración se analizó a las 0, 6, 12 y 24 horas después de la adición de los tratamientos y se tomaron fotos.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó con ANOVA de una vía usando el software Prisma. Después se realizó una prueba *post-hoc* de Dunnet de tres experimentos independientes con sus tres réplicas cada uno. Se tomó el valor de $p \leq 0.05$ para el nivel de significancia. Todos los datos son representados como la media ± la desviación estándar.

Resultados:

Curvas de proliferación

Las curvas de proliferación de células de cáncer de mama se realizaron para determinar el efecto del extracto metanólico de *Stevia tomentosa* sobre células representantes del estadio temprano de la enfermedad (MCF-7) y del estado avanzado (MDA-MB-231). En las células MCF7 se observó disminución significativa de la proliferación con respecto al control en todas las concentraciones evaluadas (figura 1). En las células MDA-MB-231 se observó la disminución significativa a partir de la concentración de 25 µg/mL (figura 2).

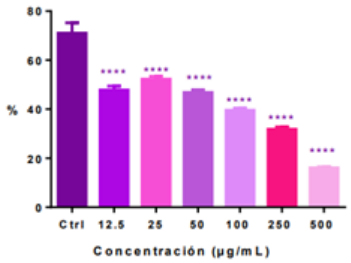


Figura 1: Efecto del extracto de *Stevia tomentosa* en la proliferación de células de cáncer de mama MCF-7 a las 24 horas de tratamiento. Se muestra la media ± la desviación estándar de tres experimentos independientes. Se realizó un ANOVA con prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.0001).

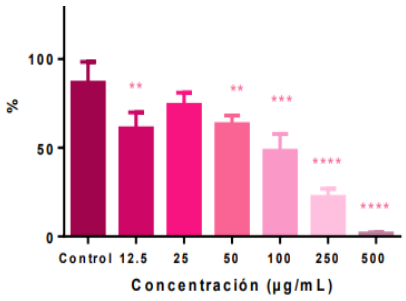


Figura 2: Efecto del extracto de *Stevia tomentosa* en la proliferación de células de cáncer de mama MDA-MB-231 luego de 24 horas de tratamiento. Se muestra la media ± la desviación estándar de tres experimentos independientes. Se realizó un ANOVA con prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.0001).

Curvas dosis- respuesta

Las curvas de proliferación de ambas líneas celulares mostraron una (figura 3), IC50 de 94.28 µg/mL para las células MCF-7 (figura 4) y una IC50 de 234.5 µg/mL para las células MDA-MB-231.

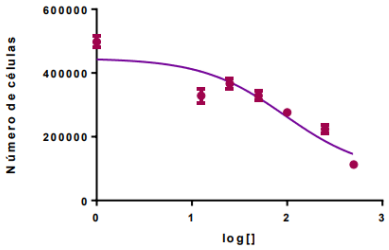


Figura 3: Curva dosis-respuesta de células de cáncer de mama MCF-7 obtenida a partir de los resultados de la curva de proliferación.

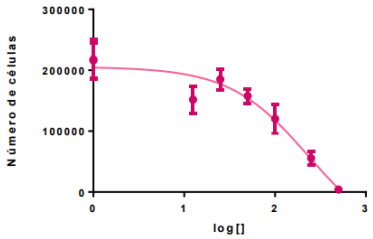


Figura 4: Curva dosis-respuesta de células de cáncer de mama MDA-MB-231 obtenida a partir de los resultados de la curva de proliferación.

Migración:

Se realizó un ensayo herida para determinar el efecto del extracto metanólico de hoja de *Stevia tomentosa* sobre la migración de las células. En la figura 5 se puede observar como a las 24 horas de tratamiento en las células MCF-7, la herida del control cerró casi completamente, mientras que las células tratadas con CI25y las tratadas con CI50 muestran cierre de 13 y 5% respectivamente.

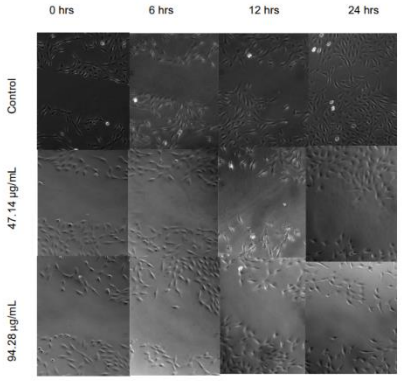


Figura 5: Micrografías del ensayo herida para las células de cáncer de mama MCF-7. Se muestra el efecto del extracto de *Stevia tomentosa* sobre la migración de las células de la línea MCF-7 a las 6. 12 y 24 horas.

En las células MDA-MB-231 se hizo la misma evaluación. En la figura 6 se puede observar como a las 24 horas después del tratamiento la herida del control cerró casi completamente, mientras que las células tratadas con CI25 cerraron aproximadamente 60% y las tratadas con CI50: apenas lo hicieron en un 40%.

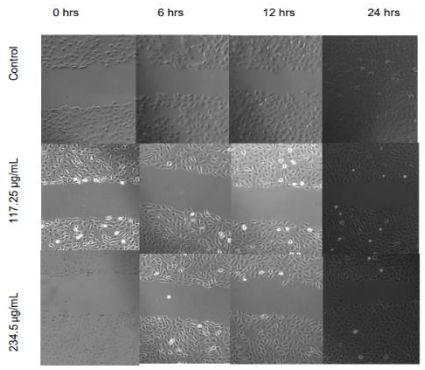


Figura 6: Micrografías del ensayo herida para las células de cáncer de mama MDA-MB-231. Se muestra el efecto del extracto de *Stevia tomentosa* sobre la migración de las células de la línea MCF-7 a las 6, 12 y 24 horas.

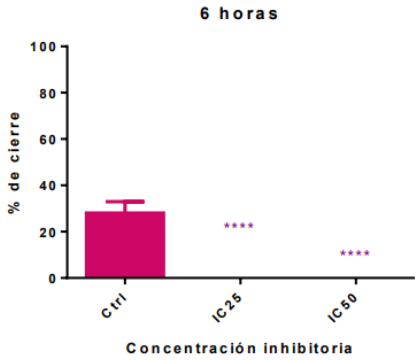


Figura 8: Efecto del extracto de Stevia tomentosa sobre la migración de células de cáncer de mama MDA-MB-231 después de 6 horas de tratamiento. Se muestra el promedio de 3 experimentos independientes ± la desviación estándar. Se realizó un análisis ANOVA con una posterior prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.05).

Migración:

Se realizó el análisis estadístico del efecto del extracto sobre la migración de ambas líneas celulares a las 6, 12 y 24 horas. En la figura 7 para las células MCF-7, en el control se obtuvo un cierre de 28.07%, para CI25 un 1.25%, y para la CI50 no se observó cierre de la herida. La figura 8 muestra como en las células MDA-MB-231, el control obtuvo un cierre de 19.66%, mientras que para las concentraciones CI25y CI50 no hubo cierre de la herida.

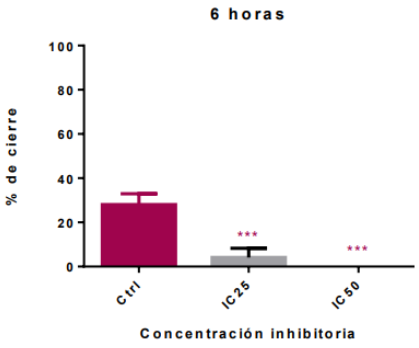


Figura 7: Efecto del extracto de Stevia tomentosa sobre la migración de células de cáncer de mama MCF-7 después de 6 horas de tratamiento. Se muestra el promedio de 3 experimentos independientes ± la desviación estándar. Se realizó un análisis ANOVA con una posterior prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.0001).

:

En las MCF7 a las 12 horas de tratamiento (figura 9) las células del control lograron un cierre del 70.21%, las tratadas con CI25un 6.43% y en las tratadas con CI50 no hubo cierre de la herida. En las células MDA-MB-231 a las 12 horas de tratamiento (figura 10) las células del control cerraron un 60.74%, las tratadas con CI25un 6.59% y las tratadas con CI50 no lograron cierre

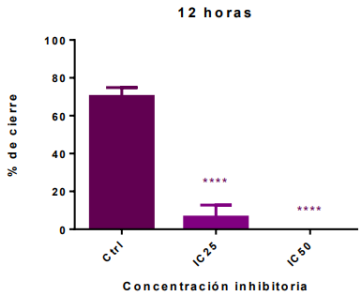


Figura 9: Efecto del extracto de *Stevia tomentosa* sobre la migración de células de cáncer de mama MCF-7 después de 12 horas de tratamiento. Se muestra el promedio de 3 experimentos independientes ± la desviación estándar. Se realizó un análisis ANOVA con una posterior prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.0001).

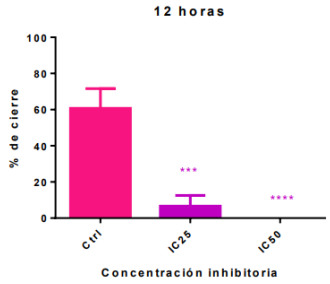


Figura 10: Efecto del extracto de Stevia tomentosa sobre la migración de células de cáncer de mama MDA-MB-231 después de 12 horas de tratamiento. Se muestra el promedio de 3 experimentos independientes ± la desviación estándar. Se realizó un análisis ANOVA con una posterior prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.05).

A las 24 horas de tratamiento en Mcf7 (figura 11) las células del control lograron el 95.14% de cierre, las tratadas con CI25 un 13.59% y las tratadas con CI50, 5.66% de cierre. Finalmente, en la figura 12, se observa las células MDA-MB-231 después de 24 horas, el control muestra el 97.53% de cierre, las tratadas con CI25 un 64.15% y las tratadas con CI50, 44.82% de cierre.

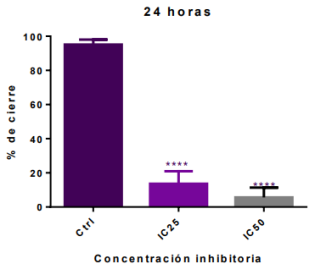


Figura 11: Efecto del extracto de *Stevia tomentosa* sobre la migración de células de cáncer de mama MCF-7 después de 24 horas de tratamiento. Se muestra el promedio de 3 experimentos independientes ± la desviación estándar. Se realizó un análisis ANOVA con una posterior prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.0001).

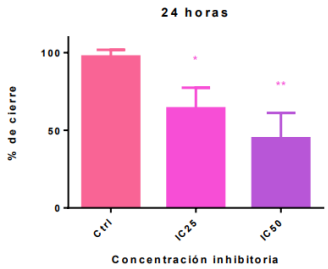


Figura 12: Efecto del extracto de *Stevia tomentosa* sobre la migración de células de cáncer de mama MDA-MB-231 después de 24 horas de tratamiento. Se muestra el promedio de 3 experimentos independientes ± la desviación estándar. Se realizó un análisis ANOVA con una posterior prueba *post hoc* de Dunnet (P<0.05).

Discusión

Para las células de la línea MCF-7 una CI50 de 94.28 µg/mL y para las MDA-MB231 la CI50 fue de 234.5 µg/mL. CI 50 Las células MCF-7 al ser dependientes de hormonas muestran mayor sensibilidad al efecto de compuestos como estradiol y progesterona, mientras que las células MDA-MB-231 son células triple negativo, y no presentan receptores a estrógeno, progesterona ni sobreexpresión de HER2, por lo que son células más resistentes y menos sensible a este tipo de hormonas. Algunos compuestos del extracto que pudieran tener efecto son el β-sitosterol y el estigmasterol, la diepoxiguaianolida perteneciente a la familia de las guaianolidas (lactonas sesquiterpénicas) y el (2R,3R,6R,7S)-2,3-epoxi-2,3-dihidrobisabolen-1-ona de la familia de los bisabolenos. El β-sitosterol ha demostrado tener efecto antiproliferativo en cáncer de mama triple negativo causando arresto celular en la fase G0/G1 por medio de la disminución de CDK4 y la clclina D1, así como el aumento de p21/Cip1 y p27/Kip1. Además, β-sitosterol demostró tener efecto proapoptótico en este tipo de cáncer causando un incremento en el ratio Bax/Bcl-2, lo que sugiere la activación de la mitocondrial de la apoptosis (Vundru *et al.*, 2013). En células MCF-7, el β-

sitosterol ha demostrado aumentar el ratio Bax/Bcl-2, citocromo C, Apaf-1 y de las caspasas 3, 7 y 9, demostrando así la activación de la vía intrínseca de la apoptosis. También se ha encontrado disminución de PI3K y p-AKt, lo que sugiere que también esta vía puede estar involucrada en la disminución de proliferación (Xu *et al.*, 2018). Aunado al efecto antiproliferativo, el β-sitosterol ha demostrado disminuir la migración de células de cáncer de próstata independientes de andrógenos PC-3 aunque el mecanismo no ha sido estudiado (Awad *et al.*, 2001). El estigmasterol es otro fitoesterol contenido en *Stevia tomentosa*, este fitoesterol ha demostrado tener efecto proapoptótico en células de cáncer ovárico ES2 y OV90 por la vía intrínseca. También disminuyó la proliferación celular e inhibió el ciclo celular en las células de cáncer de ovario por medio de la inhibición de PI3K y las MAPK (Bae *et al*., 2020). Además, el estigmasterol activa la vía mitocondrial por medio de la vía extrínseca de la apoptosis en células de cáncer y produce arresto celular en la fase G2/M (Kim *et al*., 2014). Así mismo, demostró tener efecto antimigratorio en células de cáncer de ovario mediante la reducción de VEGFA, PLAU, MMP2, MMP9 y MMP14 (Bae *et al*., 2020). El (2R,3R,6R,7S)-2,3-epoxi-2,3-dihidrobisabolen-1-ona es un compuesto perteneciente a la familia de los bisabolenos que sólo ha sido aislado de la *Stevia tomentosa*. Debido a esto, no hay reportes sobre su efecto en ningún tipo de cáncer, pero sí lo hay para otros compuestos de la misma familia. El γ-bisaboleno en células TE671 de neuroblastoma, disminuye el número de células en fase G1, lo que indica actividad antiproliferativa por medio del aumento de la fosforilación de p21. También mostró efecto proapotótico por activación de las vías intrínseca y extrínseca por medio de la expresión de caspasas 3, 8 y 9 además del aumento de la producción de ROS y daño a la mitocondria. En células de cáncer de mama, tanto dependientes de hormonas (SKBR3, MCF-7 y BT474) como triple negativo (MDA-MB-231) el β-bisaboleno disminuye la viabilidad de las células, y aumenta la apoptosis incrementando la actividad de las caspasas 3 y 7 (Yeo *et al*., 2015, la diepoxiguaianolida pertenece a la familia de las lactonas sesquiterpénicas. De esta familia se han hecho reportes de actividad antiproliferativa, proapotótica y antimigratoria. En carcinomaestos compuestos inhiben NF-KB por medio de la inhibición de IKK, inhibiendo la proliferación y metástasis. En células de las líneas celulares NIH, 3T3, MCF-7 y Hela esta familia de compuestos inhiben la thioredoina y su reductasa, causando desbalance redox y generando así apoptosis por la vía mitocondrial. En las mismas líneas celulares inactiva STAT3 e incrementa p53, lo cual inhibe proliferación, metástasis, supervivencia, inflamación y angiogénesis. Las lactonas sesquiterpénicas también han demostrado efecto de apoptosis por vía mitocondrial por desbalance redox en líneas celulares de cáncer de mama triple negativo y de glioma (Babei *et al*., 2018). La mayor sensibilidad de las células MCF-7 contra las células MDA-MB-231 al extracto puede deberse a que entre los compuestos contenidos en el mismo se encuentran dos fitoesteroles, los cuales, cuentan con estructuras parecidas a la estructura del estradiol. El estradiol se une a los receptores a estrógeno para llevar a cabo su función. Los receptores a estrógeno tienen dos isoformas, la isoforma α y la isoforma β. La importancia de la existencia de ambas isoformas radica en que en cáncer de mama la α tiene efectos proliferativos y la β efectos antiproliferativos (Grattan, 2013). Se ha demostrado que algunos fitoesteroles como el β-sitosterol d-glucósido inhiben la síntesis de la isoforma α del receptor y son agonistas de la isoforma β (Xu *et al*., 2018) y otros como el curcumol, curcumenol, isocurcumenol y el β-sitosterol inhiben a la isoforma α (Mustarichiei *et al*., 2014). Además, la activación de la isoforma β del receptor también provoca disminución en la producción de la isoforma α (Zhou y Liu, 2020). Los fitoesteroles como el estigmasterol y el β-

sitosterol tienen afinidad de unión por ambas isoformas del receptor. Sin embargo, al haberse inhibido la síntesis y función de la isoforma α por los mismos compuestos, los fitoesteroles son capaces de ejercer sólo las acciones inhibitorias de la isoforma β del receptor en las células dependientes de hormonas MCF-7, no así en las triple negativo MDA-MB-231.

Conclusión

El extracto metanólico de hoja de *Stevia tomentosa* disminuye la proliferación y la migración de las células de cáncer de mama. El efecto sobre las células de cáncer de mama dependientes de hormonas MCF-7 es mayor que en las células de cáncer de mama triple negativo MDA-MB-231 tanto para la inhibición de proliferación como para la inhibición de migración. Los resultados obtenidos sugieren que *Stevia tomentosa* tiene potencial para ser usada en tratamientos contra el cáncer de mama. Se requiere mayor investigación para elucidar su mecanismo de acción.

Referencias

Álvarez-García, R. (2005). Estudio estereoquímico y conformacional de algunos metabolitos secundarios aislados de Stecia pilosa y Stevia tomentosa (Master's thesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2005) (pp. 1-187). Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Awad, A. B., Fink, C. S., Williams, H., y Kim, U. (2001). In vitro and in vivo (SCID mice) effects of phytosterols on the growth and dissemination of human prostate cancer PC-3 cells. European Journal of Cancer Prevention, 10(6), 507-513. doi:10.1097/00008469-200112000-00005

Babaei, G., Aliarab, A., Abroon, S., Rasmi, Y., Gholizadeh, S., & Aziz, C. (2018). Application of sesquiterpene lactone: A new promising way for cancer therapy based on anticancer activity. Biomedicine & Pharmacotherapy, 106, 239-246. doi:10.1016/j.biopha.2018.06.131

Bae, H., Song, G. y Lim, W. (2020). Stigmasterol Causes Ovarian Cancer Cell Apoptosis by Inducing Endoplasmic Reticulum and Mitochondrial Dysfunction. Pharmaceutics, 12(6), 488. doi:10.3390/pharmaceutics12060488

Breast cancer information and support. (2021, October 18). Retrieved October 18, 2021, from https://www.breastcancer.org/

Cancer Today. (2021). Retrieved October 18, 2021, from https://gco.iarc.fr/today/

Chen, J., Xia, Y., Sui, X., Peng, Q., Zhang, T., Li, J. y Zhang, J. (2018). Steviol, a natural product inhibits proliferation of the gastrointestinal cancer cells intensively. Oncotarget, 9(41), 26299-26308. doi:10.18632/oncotarget.25233

Grattan, B. (2013). Plant sterols as anticancer nutrients: Evidence for their role in breast cancer. Nutrients, 5(2), 359-387. doi:10.3390/nu5020359

Gupta, E., Kaushik, S., Purwar, S., Sharma, R., Balapure, A. y Sundaram, S. (2017). Anticancer potential of steviol in MCF-7 human breast cancer cells. Pharmacognosy Magazine, 13(51), 345. doi:10.4103/pm.pm_29_17

Khare, N. y Chandra, S. (2019). Stevioside mediated chemosensitization studies and cytotoxicity assay on breast cancer cell lines MDA-MB-231 and SKBR3. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(7), 1596-1601. doi:10.1016/j.sjbs.2018.10.009

Kim, Y., Li, X., Kang, K., Ryu, B. y Kim, S. K. (2014). Stigmasterol isolated from marine microalgae Navicula incerta induces apoptosis in human hepatoma HepG2 cells. BMB Reports, 47(8), 433-438. doi:10.5483/bmbrep.2014.47.8.153

Mann, T. S., Agnihotri, V. K., Kumar, D., Pal, P. K., Koundal, R., Kumar, A. y Padwad, Y. S. (2014). In Vitro Cytotoxic Activity Guided Essential Oil Composition of Flowering Twigs of Stevia

rebaudiana. Natural Product Communications, 9(5). doi:10.1177/1934578x1400900535

Martínez-Rojo, E., Cariño-Cortés, R., Berumen, L. C., García-Alcocer, G. y Escobar-Cabrera, J. (2020). Stevia Eupatoria and Stevia Pilosa Extracts Inhibit the Proliferation and Migration of Prostate Cancer Cells. Medicina, 56(2), 90. doi:10.3390/medicina56020090

Mustarichiei, R., Levitas, J., & Arpina, J. (2014). In silico study of curcumol, curcumenol, isocurcumenol, and β-sitosterol as potential inhibitors of estrogen receptor alpha of breast cancer. Medical Journal of Indonesia, 15. doi:10.13181/mji.v23i1.684

Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. Journal of Natural Products, 83(3), 770-803. doi:10.1021/acs.jnatprod.9b01285

Valdez-Calderón, A., Torres-Valencia, J. M., Manríquez-Torres, J. J., Velázquez-Jiménez, R., Román-Marín, L. U., Hernández-Hernández, J. D., . . . Joseph-Nathan, P. (2013). An unusual diepoxyguaianolide from Stevia tomentosa. Tetrahedron Letters, 54(25), 3286-3289. doi:10.1016/j.tetlet.2013.04.056.

Vundru, S. S., Kale, R. K. y Singh, R. P. (2013). β-sitosterol induces G1 arrest and causes depolarization of mitochondrial membrane potential in breast carcinoma MDA-MB-231 cells. BMC Complementary and Alternative Medicine, 13(1). doi:10.1186/1472-6882-13-280

Xu, H., Li, Y., Han, B., Li, Z., Wang, B., Jiang, P., . . . Ye, X. (2018). Antibreast-Cancer Activity Exerted by β-Sitosterol-d-glucoside from Sweet Potato via Upregulation of MicroRNA-10a and via the PI3K–Akt Signaling Pathway. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66(37), 9704-9718. doi:10.1021/acs.jafc.8b0330

Yeo, S. K., Ali, A. Y., Hayward, O. A., Turnham, D., Jackson, T., Bowen, I. D. y Clarkson, R. (2015). β-Bisabolene, a Sesquiterpene from the Essential Oil Extract of Opoponax (Commiphora guidottii), Exhibits Cytotoxicity in Breast Cancer Cell Lines. Phytotherapy Research, 30(3), 418-425. doi:10.1002/ptr.5543

Zhou, Y., & Liu, X. (2020). The role of estrogen receptor beta in breast cancer. Biomarker Research, 8(1). doi:10.1186/s40364-020-00223-2

ESTIMACIÓN DEL RIESGO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CASOS DE RABIA PARALÍTICA EN MÉXICO

Reyna Ortega-Sánchez,[1-2*] Isabel Bárcenas-Reyes,[2] Germinal Jorge Cantó-Alarcón,[2] Jesús Luna Cozar,[2] Edith Rojas-Anaya,[3] Feliciano Milián-Suazo[2]

1Doctorado en Ciencias Biológicas-FCN-UAQ; 2Facultad de Ciencias Naturales-UAQ; 3CNRG-INIFAP.

ortegareynaz28@gmail.com

RESUMEN

La rabia es una enfermedad infecciosa y zoonotica causada por un virus de la familia Rhabdoviridae del género Lyssavirus, afecta a todos los mamíferos y tiene una letalidad del 100%. Tiene una distribución mundial. En México, el murciélago hematófago *Desmodus rotundus (D. rotundus)* es el principal reservorio y transmisor del virus rábico a diferentes especies ganaderas como Rabia Paralítica Bovina (RPB). En los últimos años el número de casos en diferentes especies animales ha ido en aumento ampliando su distribución a regiones consideradas libres de la enfermedad. El fenómeno epidemiológico se ha relacionado la influencia de factores ambientales y cambios antropogénicos por ser factores de riesgo para la distribución del murciélago hematófago *D. rotundus.* El propósito de este estudio fue realizar un análisis descriptivo de la distribución de casos de RPB en México ocurridos en los años de 2010 a 2019. Se reportaron un total de 3,469 casos en el período de estudio, de los cuales 95% ocurrieron en bovinos, equinos, ovejas y cabras. Las variantes antigénicas más reportadas fueron V11, V5 y V3, asociadas con *D. rotundus*. La distribución de casos en murciélagos se correlacionó con la distribución endémica de casos en animales domésticos y salvajes. La zona de mayor riesgo para la ocurrencia de casos de RPB en diferentes especies de ganado y vida silvestre estimada por el método de interpolación Kriging Ordinario se ubicó en la costa del Golfo de México, involucrando a los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Yucatán. Este estudio confirma que la RPB en especies domésticas y silvestres es endémica en áreas tropicales y subtropicales tanto en el Pacífico como en la costa del Golfo de México y su tendencia de distribución a nuevas regiones del país está claramente asociada con la distribución de *D. rotundus*. Este estudio aporta información útil y aplicable en acciones para detener la propagación del virus o el reservorio y planificación en la estrategia de vacunación, considerando tiempo y lugar.

ABSTRACT

The spatio-temporal epidemiology of bovine paralytic rabies (BPR) has related the influence of environmental factors and anthropogenic changes on the movements of the hematophagous bat *Desmodus rotundus* (*D. rotundus*). In Mexico, *D. rotundus* is the main transmitter of the rabies virus for different livestock species. The purpose of this study was to perform a descriptive analysis of the distribution of BPR cases in Mexico occurring in the years from 2010 to 2019. A total of 3,469 of cases were reported in the study period of which 95% occurred in cattle, horses, sheep and goats. The most reported antigenic variants were V11, V5 and V3, associated with *D. rotundus.* The distribution of cases in bats correlated with the endemic distribution of cases in domestic and wild animals. The highest risk zone for the occurrence of RPB cases in different livestock and wildlife species, estimated by the Ordinary Kriging method, was located in the Gulf of México coast, involving the states of San Luis Potosi, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Chiapas and Yucatan. This study confirms that RPB in domestic and wild species is endemic in

tropical and subtropical areas in both the Pacific and the Gulf of México coast and its distribution trend to new regions of the country are clearly associated with the distribution of *D. rotundus*. This study provides useful and applicable information in actions to stop the spread of the virus or the reservoir and planning in the vaccination strategy, considering time and place.

Palabras clave: rabia, *Desmodus rotundus*, epidemiología.

INTRODUCCIÓN

La rabia es una enfermedad viral infectocontagiosa y zoonótica que afecta a mamíferos silvestres, domésticos y al hombre, una vez que se presentan los síntomas clínicos la enfermedad es mortal. La rabia está presente en casi todos los continentes, afectando a más de 150 países y territorios siendo la Antártida la única excepción (OIE, 2019; Bourhy *et al*., 2008). Anualmente causa aproximadamente entre 60,000 a 70, 000 casos en humanos y se ha reportado que existe un incremento de la enfermedad transmitida por fauna silvestre, principalmente los quirópteros (OIE, 2019).

En Asia y Europa y África los mapaches, murciélagos insectívoros, caninos salvajes, perros domésticos y zorros son los principales reservorios del virus de la rabia, mientras que en Latinoamérica el principal vector de la enfermedad es el murciélago hematófago o vampiro *D. rotundus*, quien es capaz de transmitir la enfermedad a bovinos, otras especies ganaderas y al humano (Brunker *et al*., 2015: Horton *et al*., 2015: OMS, 2019; OIE, 2019).

En los países de América Latina se ha reportado en años recientes RPB a causa de la transmisión del *D. rotundus* se ha diseminado a zonas geográficas en las cuales no se habían reportado casos, estos brotes se han relacionado a diferentes factores como población de ganado, densidad de población humana, presencia de vectores del virus de la rabia y factores climáticos por lo cual es necesario mantener una vigilancia epidemiológica de la enfermedad para lograr una detección oportuna de los brotes (Davis *et al*., 2006: Mallewa *et al*., 2007; Bárcenas *et al*., 2015; Benavides *et al*., 2016).

En México *D. rotundus* es el principal reservorio y transmisor del virus rábico principalmente al ganado bovino ocasionando la RPB. *D. rotundus* se encuentra distribuido en zonas con climas tropicales y subtropicales y es por su gran adaptabilidad a diferentes tipos de ecosistemas que puede encontrarse en regiones por arriba de los 1500 msnm (Zarza *et a*l., 2017; Cárdenas-Contreras et al., 2017; Bárcenas et al., 2019). Se ha reportado que las pérdidas económicas son de 519 millones de pesos en la ganadería nacional a causa de la rabia paralítica bovina (Kessels *et al*., 2017; SENASICA, 2020). El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) cuenta con la Campaña nacional para la prevención y control de la rabia en bovinos y otras especies ganaderas para atender notificaciones de animales sospechosos y realizar el diagnóstico de la enfermedad a través de 5 laboratorios oficiales y dos centros de referencia autorizados (SENASICA, 2020).

La epidemiología de la rabia combinada con la información geográfica, permiten un monitoreo más eficaz de los brotes de rabia y proporcionan información de la dispersión, evolución y hospederos del virus (Brunker *et al*., 2018). La epidemiología espacial es una herramienta que permite el estudio de la diseminación espacial de un patógeno, se utiliza en zonas endémicas de la enfermedad con el objetivo de prevenir futuros brotes y establecer medidas para el control de la rabia por parte de organismos de control y vigilancia epidemiológica nacionales (Trewby *et al*., 2017; Dibia *et al*., 2015; Pereira *et al*., 2012).

OBJETIVOS

- Describir la situación epidemiológica de la rabia paralítica en México durante el periodo 2010-2019.

- Establecer las zonas geográficas con mayor riesgo de presentación de casos de RPB.

METODOLOGÍA

Se utilizó información contenida en las bases de datos de casos notificados por la campaña Nacional de control de la rabia paralítica en México durante el periodo 2010-2019, la cual fue proporcionada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Se elaboró una base de datos por cada estado, municipio y localidad con la siguiente información: coordenadas geográficas y altura en metros sobre el nivel del mar, fecha de detección (año, día y mes), datos del animal (número del caso, especie y sexo) y variante antigénica, posteriormente se realizó un análisis descriptivo de los datos con ~~d~~el Software SPSS 22.0 (SPSS IBM Corp., Armonk, NY). Con el software Arc Map v10 se elaboraron los mapas de distribución espacial de los casos por año y por especie y el mapa de predicción espacial por el método de interpolación Kriging Ordinario usando la variable regionalizada de número de casos.

RESULTADOS

En el periodo 2010-2019 se reportaron 3, 469 casos de RPB en diferentes especies de fauna silvestre y ganaderas de México. En la figura 1 se observó un incremento en el número de casos entre los años 2010 a 2015 y una disminución del 2016 hasta 2019.

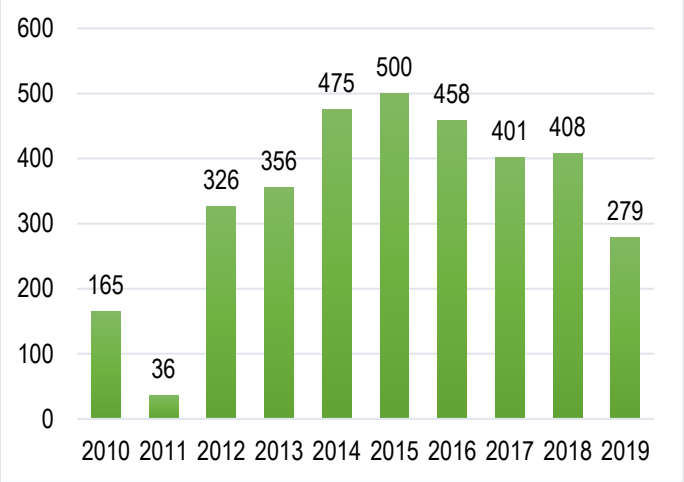


Figura 1. Casos de rabia paralítica bovina en México por año 2010-2019.

Los estados con mayor frecuencia de casos de RPB reportados fueron: Veracruz (14.2%), San Luis Potosí (9.5%), Yucatán (9%), Chiapas 8.9%), Tabasco (8.4), Hidalgo (7.3%), Puebla (5.7%), Tamaulipas (5.6), Nayarit (5.4%) y Guerrero (4.6%). Un total de 194 casos fueron identificados con las variantes antigénicas V11 (85 casos), V5 (87 casos) y V3 (3 casos) asociadas a murciélagos vampiros; V7 (2 casos) asociadas a zorros, y V8 (17 casos) asociadas a una variante de zorrillos. El Estado de Veracruz tuvo casos con todas estas variantes. Los 3, 268 registros a pesar de haber sido positivos por inmunofluorescencia, no se les pudo determinar la variante. La mayoría de los casos ocurrieron en altitudes menores a los 1.000 msnm (75%) y el 24.3% ocurrió en altitud de 2,000 msnm. La Figura 2 se muestra la distribución de casos de RPB en las diferentes especies animales, la mayor frecuencia de casos se observó en bovinos (89%), seguidos de caballos (4,4%), ovinos (1,5%) y caprinos (0,6%). Para la fauna silvestre, se observó que 1.4% de los casos ocurrieron en murciélagos hematófagos mientras que 0.8% en animales silvestres terrestres en los estados de Sonora, Chihuahua, Yucatán, Veracruz, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, San Luis Potosí y Guerrero (figura 2).

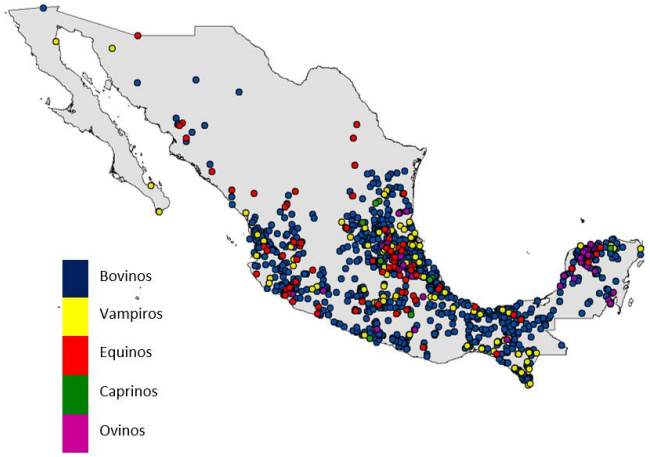


Figura 2. Distribución de casos de rabia paralítica bovina por especia en México durante 2010-2019.

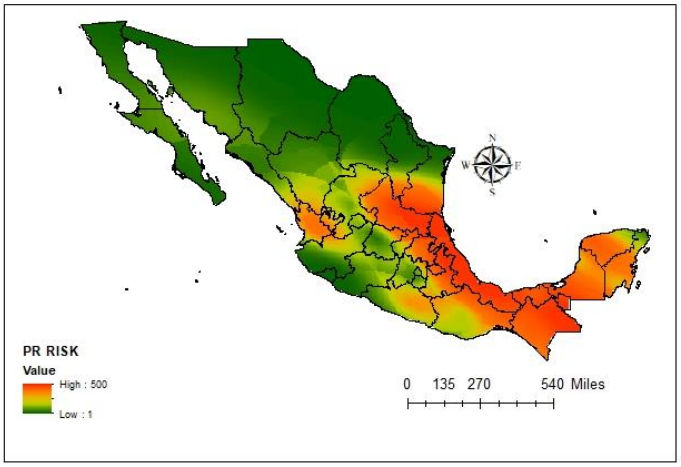


Figura 3. Análisis de riesgo de presentación de rabia paralítica bovina, kriging ordinario.

El mapa de predicción del riesgo obtenido por el método de interpolación Kriging ordinario mostró que la zona de mayor riesgo se ubica en el Sureste y Centro del país mientras que, para la región del Occidente el riesgo estimado de acuerdo con la tendencia de ocurrencia de casos fue de 92 a 126 casos para el Estado de Aguascalientes y para la región del Noreste Coahuila podría presentar de 6 a 33 casos en la futura década. Actualmente estos estados no han presentado la enfermedad (Figura 3). Este fenómeno puede estar relacionado a que en algunas áreas geográficas de reciente infección tuvieron un incremento en la densidad de población ganadera, cambios en la actividad agrícola, áreas antropogenizadas y disponibilidad de refugios para murciélagos (Romero-Barrera *et al*, 2021). Se ha observado qué en las zonas con riesgo medio y bajo, que muy posiblemente tienen una baja densidad ganadera, los factores climáticos son los que mayor influencia tienen sobre los desplazamientos de *D. rotundus* (Bárcenas-Reyes *et al*., 2019).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio se observó que la presencia de nuevos casos en las diferentes especies ganaderas en recientes años en zonas geográficas consideradas libres de la enfermedad coincide con los casos recientes en *D. rotundus*, pero que muy posiblemente no cuenten con las condiciones climáticas para la presencia del vector. Esto concuerda con otros estudios que han reportado que la RPB transmitida por fauna silvestre, principalmente los quirópteros han ido en aumento en diferentes regiones geográficas de América Latina y México y que posiblemente asociadas con modificaciones en actividades agrícolas, pecuarias, densidad de población ganadera, y que cuenten con disponibilidad para los refugios temporales para los quirópteros (Rocha *et al* 2020). El método de Interpolación usado en este estudio proporcionó una mejor estimación del riesgo de la distribución espacial de los casos de RPB para la zona endémica y en zonas con una tendencia de presentar la enfermedad en México. Se evidenció con mayor precisión que la zona de mayor riesgo corresponde a zonas tropicales del Sureste y Centro del país. Este es un método recomendado para la estimación del riesgo para la presencia de casos de RPB incluso en aquellas áreas que no han sido muestreadas. Lo que será útil para mejorar la vigilancia epidemiológica de la RPB en México

AGRADECIMIENTOS

- MVZ Baltazar Cortes García, Jefe de Departamento de Rabia Paralítica y Garrapata.
- Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

REFERENCIAS

1. Bárcenas, I., Loza-Rubio, E., Zandejas-Martínez, H., Luna-Soria, H., Cantó-Alarcón, G., Milián-Suazo, F. 2015. Comportamiento epidemiológico de la rabia paralitica bovina en la región central de México, 2001-2013. RPSP. 38: 396-401.
2. Bárcenas-Reyes, I., Nieves-Martínez, D. P., Cuador-Gil, J. Q., Loza-Rubio, E., González-Ruiz, S., Cantó-Alarcón, G. J., Milián-Suazo, F. 2019. Spatiotemporal analysis of rabies in cattle in central Mexico. Geospat health. 14 (2).
3. Benavides, J., Valderrama, W., Streicker, D. 2016. Spatial expansions and travelling waves of rabies in vampire bats. Proc R Coc B. 283: 20160328.
4. Bourhy, H., Reynes, J., Dunham, E., Dacheux, L., Larrous, F., Que, V., Xu, G., Yan, J., Miranda, M., Holmes, E. 2008. The origin and phylogeography of dog rabies virus. J Gen Virol. 89: 2673-2681.
5. Brunker, K., Marston, D., Horton, D., Cleaveland, S., Fooks, A., Kazwala, R., Ngeleja, C., Lembo, T., Sambo, M., Mtema, Z., Sikana, L., Wilkie, G., Beik, R., Hampson, K. 2015. Elucidating the phylodynamics of endemic rabies virus in estern Africa using whole-genome sequencing. Virus Evol. 1: 1-11.
6. Brunker, K., Nadin-Davis, S., Beik, R. 2018. Genomic sequencing, evolution and molecular epidemiology of rabies virus. Rev Sci Tech Off Epiz. 37: 401-408.
7. Davis, P., Bourhy, H., Holmes, E. 2006. The evolutionary history and dynamics of bat rabies virus. Inf Gen Evol. 6: 464-473.
8. Diabia, N., Sumiarto, B., Susetya, H., Gde, A., Scott-Orr, H., Ngurah, G. 2015. Phylogeography of the Current rabies viruses in Indonesia. J Vet Sci. 16: 459-466.
9. Horton, D., McElhinner, L., Freuling, C., Marston, D., Banyard, A., Goharrriz, H., Wise, E., Breed, A., Saturday, G., Kolodziejek, J., Zilahi, E., Al-Kobasis, M., Nowotny, N., Mueller, T., Fooks, A. 2015. Complex epidemiology of a zoonotic disease in a culturally diverse region: phylogeography of rabies virus in the Middle East. PLOS. DOI: 10. 1371/journal.pntd.0003569.
10. Kessels, J., Recuenco, S., Navarro, A., Deray, R., Vigilato, M., Ertl, H., Durrheilm, D., Rees, H., Nel, L., Abbela, B., Briggs, D. 2017. Pre-exposure rabies prophylaxis: a systematic review, Bull Wor Hel Org. 95: 210-219.
11. Mallewa, M., Fooks, A., Banda, D., Chikungwa, P., Mankhambo, L., Molyneux, E., Molyneux, M., Solomon, T. 2007. Rabies encephalitis in malaria-endemic area, Malawi, Africa. CDC. 13: 136-139.
12. OIE. 2019. Rabia. https://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/portal-sobre-la-rabia/ (Consultado 15/03/2020).
13. OMS. 2019. Rabia. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030089321100251X (Consultado 15/03/2020).
14. Pereira, L., Ferreira, R., Carnielli, P., Barbosa, L., Kotait, I., 2012. Phylogeography of rabies virus isolated from herbiviores and bats in the Espiritu Santo state, Brazil. VIRUS GENES. 46: 330-336.
15. Rocha, F., Ulloa-Stanojlovic, F. M., Rabaquim, V. C. V., Fadil, P., Pompei, J. C., Brandão, P. E., Dias, R. A. 2020. Relations between topography, feeding sites, and foraging behavior of the vampire bat, Desmodus rotundus. J Mammal. 101: 164-171.
16. Romero-Barrera, C. E., Osorio-Rodriguez, A. N., & Juárez-Agis, A. 2021. DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA, CONTROL Y REGISTROS DE CASOS DE MURCIÉLAGOS VAMPIRO, Desmodus rotundus (E. GEOFFROY), INFECTADOS DE RABIA EN AMBIENTES PECUARIOS DE GUERRERO, MÉXICO: Population control of the vampire bat. Acta Agrícola y Pecuaria. *7*(1).
17. SENASICA/SADER. 2019. Dirección de Campañas Zoosanitarias. https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/programas-y-campanas-zoosanitarias (consultado 5/03/2020).
18. Streicker, D., Winternitz, J., Satterfield, D., Condori-Condori, R., Broos, A., Tello, C., Recuenco, S., Velasco-Villa, S., Altizer, S., Valderrama, W. 2016. Host-pathogen evolutionary signatures reveal dynamics and future invasions of vampire bat rabies. PNAS. 113: 10926-10931.
19. Trewby, H., Nadin-Davis, S., Real, L., Beik, R. 2017. Processes underlying rabies virus incursions a cross US-Canada border as revealed by whole-genome phylogeography. Emerg Infect Dis. 23: 1454-1461.
20. Zarza, H., Martínez-Meyer, E., Suzán, G., Ceballos, G. 2017. Geographic distribution of Desmodus rotundus in Mexico under current and future climate change scenarios: Implications for bovine paralytic rabies infection. Vet Mex. 3: 1-16.

Alimento balanceado para tilapia a partir de insumos alternativos

Mónica Vanessa Oviedo-Olvera, María Isabel Nieto-Ramírez, Julieta Sánchez-Velázquez, Ana Angélica Feregrino-Pérez, Juan Fernando García-Trejo

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Amazcala.
Contacto:mvanessaoviedo@gmail.com

RESUMEN

La acuicultura ha presentado un acelerado desarrollo en los últimos años y para asegurar su progreso y sustentabilidad una de las perspectivas futuras más importantes es el desarrollo y optimización de nuevos alimentos que logren sustituir a la harina de pescado, principal fuente de proteína en la alimentación comercial de peces. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un alimento balanceado para tilapia utilizando harinas alternativas: larva de mosca soldado negra y microalgas. La inclusión de microalga se mantuvo al 5% y se probaron tres porcentajes de larva (5,10 y 15%) para su combinación, ya que no se ha reportado su uso como mezcla en un alimento. Por otro lado, las dietas fueron complementadas con harinas de origen vegetal y animal y balanceadas a 45% de proteína total. Los alimentos fueron proporcionados a tilapias en cultivo hiperintensivo con condiciones controladas; se monitoreo su crecimiento para el cálculo de parámetros de producción. Entre los resultados, fue posible formular dietas para alevín de tilapia utilizando las harinas alternativas; todas las dietas tuvieron alta aceptación por las tilapias y se obtuvo una supervivencia superior al 85%. La dieta con 15% de larva generó parámetros favorables cercanos a los obtenidos con un alimento comercial y una mayor ganancia en peso en comparación con los otros alimentos. Es posible combinar larva de mosca soldado con microalga para el desarrollo de alimentos para tilapia que, a su vez, no afecten el crecimiento del pez.

Palabras clave: nutrición acuícola, larva de mosca soldado negra, microalgas, biotecnología.

SUMMARY

Aquaculture has present a rapid development in recent years and to ensure its progress and sustainability one of the most important future prospects is the development and optimization of new foods which could be able to substitute fish meal, the main source of protein in commercial fish feed. The objective of this work was the development of balanced feed for tilapia using alternative meals: black soldier fly larvae and microalgaes. The inclusion of microalgaes was at 5% and three percentages of larvae (5, 10 and 15%) were tested for its combination, since it has not been reported in fish feed. On the other hand, experimental diets were complemented with vegetal and animal origin meals and then balanced in total protein content at 45%. Balanced fish feed was provided to tilapias in a hyperintesive culture with controlled conditions; its growth was monitored for the estimation of the culture performance. Among the results reached, it was possible to balance diets for tilapia fry with alternative meals; all diets were well accepted for fish obtaining a survival rate greater than 85%. Diet containing 15% of larvae resulted in favorable growth performance compared with the rest of diets and similar to fish growth fed with commercial feed. It is possible to combine black soldier fly larvae with microalgaes in order to develop a tilapia feed, which in turn, do not affect its growth performance.

Keywords: fish nutrition, black soldier fly larvae, microalgaes, biotechnology.

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la acuicultura ha provocado un aumento en la demanda de alimentos debido a que aproximadamente el 70% de los cultivos acuícolas dependen de alimentos formulados (Hua et al., 2019). Dentro de la formulación de alimentos balanceados la principal fuente de proteína es la harina de pescado,

la cual es obtenida a partir de la pesca y procesamiento de pequeñas especies pelágicas, importantes en la cadena trófica primaria de los ecosistemas acuáticos, y de sub productos de la industria pesquera (Cashion et al., 2017). Debido a esto, la sustentabilidad de la industria de la harina de pescado se ha puesto en duda actualmente causando una inestabilidad en su producción (Gasco et al., 2018). Por esta razón, se ha optado por la búsqueda de nuevos insumos que permitan reducir la inclusión de ingredientes marinos y a su vez que cuenten con la disponibilidad, sustentabilidad, costo y valor nutricional necesarios para el continuo desarrollo de la acuicultura y la nutrición de organismos acuáticos (Magalhães et al., 2017; Nasopoulou & Zabetakis, 2012). Entre los ingredientes alternativos que cuentan con estas características para la alimentación acuícola se ha enfocado la atención en microorganismos e insectos (Dumas et al., 2018).

Respecto a esta estos insumos, las microalgas son consideradas microorganismos unicelulares a las cuáles se les ha proporcionado múltiples aplicaciones para mejorar el estado nutricional de las especies que las consumen, debido a su contenido de vitaminas, minerales, antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados y aminoácidos esenciales (Sathasivam et al., 2019). Las microalgas ya han sido probadas como suplemento y reemplazo de fuentes proteicas en la alimentación de diferentes especies de peces, no obstante, la mayoría de estos trabajos han reportado resultados relevantes con una inclusión menor al 15% (Shah et al., 2018). Por otro lado, la mosca soldado negra *(Hermetia illucens*) es un insecto que ha sido considerado en el desarrollo de alimentos acuáticos en los últimos años debido a su alto contenido de proteína, balanceado perfil de aminoácidos y favorable contenido de ácidos grasos saturados (Dietz C., 2018). Al igual que las microalgas, la mosca soldado ya ha sido incluida en la dieta de peces como el salmón, trucha, tilapia, entre otros, como posible reemplazo de harina y aceite de pescado; su investigación como insumo alternativo y la proporción de inclusión en los alimentos para peces aún continúan en desarrollo (Henry et al., 2015). A partir de esto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un alimento balanceado que permita cubrir los requerimientos nutrimentales de la tilapia del Nilo utilizando una mezcla de insumos alternativos, tales como las microalgas y la larva de mosca soldado negra, que reemplazaran totalmente a la harina de pescado.

METODOLOGÍA

I. Alimentos balanceados

Los insumos alternativos fueron solicitados al Laboratorio de Microalgas UAQ-Finka y a la planta piloto de producción de mosca soldado negra del Laboratorio de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería, Campus Amazcala, UAQ. Estos, en conjunto con harinas de origen vegetal y animal, obtenidas de forma comercial, fueron balanceados de forma teórica de acuerdo a sus análisis bromatológicos reportados en plataformas internacionales como AMINODat 5.0 by Evonik Nutrition & Care y por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) por medio de su FoodData Central, en el cuál se proporciona información nutrimental de diferentes compuestos e insumos utilizados en la industria alimentaria.

Debido a que no se había reportado el uso de microalga y larva de mosca mezcladas en un mismo alimento, se prepararon tres dietas experimentales balanceadas isoproteicamente (45%) que incluyeran tres niveles de inclusión de larva (5, 10 y 15%) con 5% de inclusión de microalga.

Ya que las dietas fueron formuladas, se procedió a la elaboración de los alimentos mezclando las harinas en las proporciones balanceadas utilizando una batidora industrial con capacidad de 20 L, posteriormente la mezcla se introdujo en una pelletizadora rotativa con dos rodillos de fricción y una matriz para obtener pellets de 6 mm de diámetro. Los pellets fueron secados por 24 horas a 60°C en estufa de convección y finalmente molidos para su uso como alimento en harina para tilapia en etapa de alevín.

II. Caracterización fisicoquímica

Tanto las dietas experimentales como los insumos utilizados fueron sometidos a análisis bromatológicos de acuerdo a los métodos reportados en la AOAC (2005): humedad, cenizas, proteína por el método

Kjeldahl asistido con microondas, grasas totales con extracción soxhlet también asistida con microondas, carbohidratos por el método de Antrona y calorías con calorímetro isoperibólico.

III. Sistema de cultivo de tilapia

Para probar el efecto de las dietas balanceadas sobre el crecimiento del pez se estableció un cultivo hiperintensivo de tilapia utilizando un sistema de recirculación de agua con condiciones ambientales controladas: oxígeno disuelto (>5 mg/L), temperatura (28-30°C), pH entre 7 y 9 y fotoperiodo controlado. Además, para mantener la calidad del agua de cultivo de acoplaron filtros externos de canasta de 200 L de capacidad y con luz UV integrada. El sistema constaba de peceras de 12 L en las cuáles se introdujeron 30 tilapias por pecera de la especie *Oreochromis niloticus* de aproximadamente 1 g de peso. Cada alimento experimental fue probado por triplicado durante 45 días y la alimentación se realizó 4 veces al día ajustando la cantidad de alimento de acuerdo al aumento de la biomasa con una ración del 10% al día.

IV. Parámetros productivos

Semanalmente se llevó a cabo la toma de biometrías (talla y peso) de los peces por tratamiento y con los datos recabados se calcularon las variables asociadas a la producción, como son: supervivencia, peso ganado, tasa específica de crecimiento, peso ganado individual, alimento consumido individual y la tasa de conversión alimenticia.

RESULTADOS

Entre los resultados destacados se presenta en la Tabla 1 el balance de cada una de las dietas desarrolladas y su composición química teórica de acuerdo con los datos recabados por las diferentes plataformas.

Tabla 1. Balance de harinas para el desarrollo de dietas experimentales para tilapia

Ingredientes (%)	**Dietas balanceadas**		
	A45/5	**A45/5**	**A45/15**
Microalga	5	5	5
Larva de mosca	5	5	15
Harina de carne	32	32	25.5
Pasta de Soya	30	30	26.5
Gluten de trigo	10	10	10
Salvado de trigo	10	10	10
Haina de maíz	5	5	5
Aceite de larva de mosca	3	3	3
Composición química (%)			
Proteína	43.69	43.69	42.29
Grasas	10.83	10.83	13.23
Carbohidratos	16.04	16.04	17.06
Humedad	8.65	8.65	8.06
Cenizas	12.46	12.46	12.05

Posteriormente la Tabla 2 muestra los resultados obtenidos de las determinaciones proximales realizadas para las dietas balanceadas.

Tabla 2. Caracterización proximal de alimentos balanceados con harinas alternativas

Composición química (g/100g)	**Dietas balanceadas**		
	A45/5	**A45/10**	**A45/15**
Proteína	45.1	43.6	42.6
Grasas totales	2.78	3.10	3.10
Carbohidratos	18.59	37.29	21.67
Humedad	7.66	6.57	7.02
Cenizas	2.91	3.32	3.05
Calorías (Cal/g)	4074.39	4215.44	4084.86

Finalmente, la Figura 1 muestra la comparación de la ganancia en peso obtenida por los peces durante el tiempo de experimentación al ser alimentados con las diferentes dietas balanceadas. Asimismo, la Tabla 3 presenta los resultados de los parámetros productivos calculados y su comparación con los generados con una dieta comercial, que contenía harina de pescado.

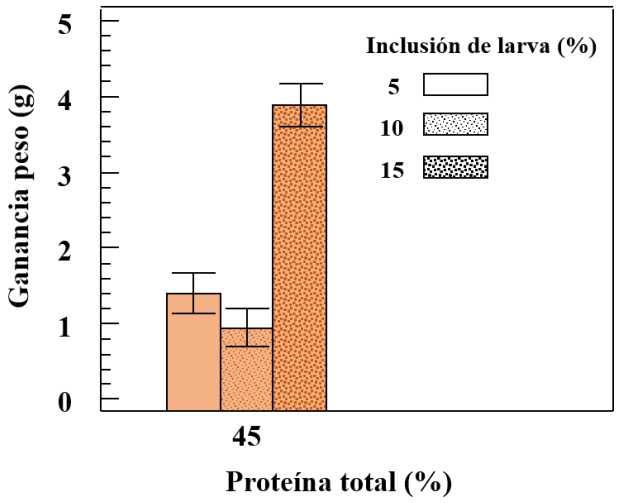


Figura 1. Comparación ganancia en peso de tilapias respecto a los niveles de inclusión de larva

Asimismo, la Tabla 3 presenta los resultados de los parámetros productivos calculados y su comparación con los generados con una dieta comercial, que contenía harina de pescado.

Tabla 3. Variables asociadas a la producción de cultivo de tilapia alimentada con dietas experimentales

	Dietas balanceadas			
	Comercial	**A45/5**	**A45/10**	**A45/15**
Supervivencia (%)	90	91	91	96
Peso ganado (%)	307.08	84.94	85.87	189.83
Peso ganado ind. (g/día)	0.003	0.0005	0.0003	0.0016
Alimento consumido ind. (g/día)	0.009	0.004	0.003	0.007
T.E.C. (%/día)	3.09	1.36	1.37	2.27
T.C.A. (g alimento/g biomasa)	3.00	8.10	10.47	4.39

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los porcentajes de inclusión para las harinas alternativas fueron establecidos en 5% para microalga y tres porcentajes diferentes para larva de mosca soldado (5, 10 y 15%). Recientemente, Abdelghany et al. (2020) recomendó la inclusión de *Nannochloropsis oculata* en 5% de la dieta para tilapia del Nilo para aumentar los parámetros productivos de su cultivo. Por otro lado, la larva de mosca soldado negro se ha recomendado su adición como sustitución parcial a la harina de pescado desde un 3 a un 15% en la dieta (Hua, 2021; Muin et al., 2017). Respeto al balance proteico entre dietas (Tabla 1), se puede observar que las dietas no fueron balanceadas hasta 45% de proteína, ya que los límites de inclusión de cada una de las harinas únicamente permitió conseguir entre un 42 y 43 %, no obstante, las tres dietas balanceadas lograron cumplir con los requerimientos de la tilapia del Nilo de proteína (35-45%) y lípidos (6-18%) (El-Sayed, 2020). Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran una disminución en el contenido de grasas y cenizas, así como un aumento en los carbohidratos. Esto se ve relacionado con el perfil bromatológico que presentaron las harinas vegetales y animales obtenidas, ya que pueden no estar estandarizadas con las plataformas con las cuáles se realizó el balance teórico de las dietas. Asimismo, Freire et al. (2016) reportó que el contenido de macronutrientes presentes en insumos como la larva y la microalga, pueden ser modificados de acuerdo a sus condiciones de cultivo previas a su uso, lo cual afecta las formulaciones alimenticias.

A partir de un análisis ANOVA multifactorial se obtuvieron las interacciones de acuerdo al porcentaje de proteína y contenido de larva para las diferentes dietas y su efecto en la ganancia en peso de los peces (Figura 1). Se puede observar que la dieta 15% de contenido de larva obtuvo diferencias estadísticamente significativas en comparación con el resto. De acuerdo con Teles et al. (2020), existen diversos estudios que prueban los niveles de proteína ideales para la especie *O. niloticus*, concluyendo que el requerimiento va desde un 35 hasta 45% de proteína. No obstante, el uso de harinas alternativas como la larva de mosca y microalga respecto al requerimiento proteico de peces no ha sido previamente reportado para tilapia. Con los resultados de este experimento se puede interpretar que ambas harinas alternativas deben ser utilizadas en formulaciones a 45% de proteína total para el desarrollo favorable de tilapia. Además, estudiar el

efecto de inclusión de estas harinas alternativas a mayor profundidad, incluyendo factores como aminoácidos, perfil de ácidos grasos, micronutrientes y digestibilidad serán necesarios para optimizar el desarrollo de alimentos (Hua, 2021).

Respecto a los resultados obtenidos sobre los parámetros productivos (Tabla 3), se observa que la mayoría de las dietas obtuvieron un porcentaje mayor al 90%, indicando una buena aceptación del alimento por los peces (Cummins et al., 2017). Hua (2021) concluyó que la inclusión de larva de mosca soldado en dietas balanceadas en macronutrientes es viable para el crecimiento de peces cuando se añade debajo del 30%. De acuerdo con esto, los resultados aquí presentados obtuvieron valores de crecimiento favorables en tilapia, pero no superaron los parámetros generados por un alimento convencional. La dieta A45/15 presentó valores superiores de T.E.C. (Tasa Específica de Crecimiento), pero fueron menores al generado por la dieta comercial (3.09). Los resultados obtenidos para estas dietas son similares a los presentados por Muin et al. (2017) para su dieta que reemplazaba completamente la harina de pescado por larva de mosca soldado. La Tasa de Conversión Alimenticia (T.C.A.) nos permite conocer cuántos gramos de alimento se deben consumir por el pez para producir un gramo de biomasa. Respecto a los resultados presentados en este trabajo, es necesario que el pez consuma 4.39 g de la dieta A45/15 para generar 1 g de biomasa, significando ser la mejor dieta de entre las balanceadas con harinas alternativas. Comparando estos resultados con los obtenidos por Devic et al. (2018), la inclusión de 15% de larva en conjunto con 5% de microalga balanceada a 45% de proteína fue favorable, ya que ellos lograron obtener una tasa de 2.0 cuando se suplementaba la alimentación de tilapia con 5% de larva de mosca soldado. A su vez, esta tasa está relacionada con la asimilación del alimento por el pez, es decir, logra aprovechar de forma más eficiente el alimento para su aumento en peso.

En conclusión, las harinas de larva de mosca soldado y microalga son dos insumos con composición química balanceada capaz de sustituir a la harina de pescado en la dieta de tilapia del Nilo en etapa de alevín. Además, ambas harinas permitieron la elaboración de alimentos balanceados en conjunto con otros insumos de origen vegetal y animal. Las dietas balanceadas que contenían la combinación larva-microalga tuvieron buena aceptación por las tilapias al ser suministradas bajo condiciones de cultivo hiperintensivo. Respecto a los niveles de inclusión de larva de mosca soldado negra, es posible añadir hasta un 15% dentro de la dieta para tilapia en combinación con 5% de microalga con buena aceptación por la tilapia del Nilo en etapa de alevín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelghany, M. F., El-Sawy, H. B., Abd El-hameed, S. A. A., Khames, M. K., Abdel-Latif, H. M. R., & Naiel, M. A. E. (2020). Effects of dietary Nannochloropsis oculata on growth performance, serum biochemical parameters, immune responses, and resistance against Aeromonas veronii challenge in Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Fish and Shellfish Immunology*, *107*, 277–288. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.10.015

Cashion, T., Le Manach, F., Zeller, D., & Pauly, D. (2017). Most fish destined for fishmeal production are food-grade fish. *Fish and Fisheries*, *18*(5), 837–844. https://doi.org/10.1111/faf.12209

Cummins, V. C., Rawles, S. D., Thompson, K. R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., & Webster, C. D. (2017). Evaluation of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei). *Aquaculture*, *473*, 337–344. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.02.022

Dietz C., L. F. (2018). Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (Oreochromis niloticus)? *Aquaculture Reports*, *12*, 43–48.

Dumas, A., Raggi, T., Barkhouse, J., Lewis, E., & Weltzien, E. (2018). The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Aquaculture*, *492*, 24–34. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.038

El-Sayed, A.-F. M. (2020). Nutrition and feeding. In *Tilapia Culture*. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816509-6.00007-0

Freire, I., Cortina-Burgueño, A., Grille, P., Arizcun Arizcun, M., Abellán, E., Segura, M., Witt Sousa, F., & Otero, A. (2016). Nannochloropsis limnetica: A freshwater microalga for marine aquaculture. *Aquaculture*, *459*, 124–130. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.015

Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., & Caruso, G. (2018). *Feeds for the Aquaculture Sector*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77941-6

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, *203*(1), 1–22. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001

Hua, K. (2021). A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. *Aquaculture*, *530*(May 2020), 735732. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735732

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, *1*(3), 316–329. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018

Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R. S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2017). Black soldier fly (Hermetia illucens) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (Dicentrarchus labrax). *Aquaculture*, *476*, 79–85. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.021

Muin, H., Taufek, N. M., Kamarudin, M. S., & Razak, S. A. (2017). Growth performance, feed Utilization and body composition of nile tilapia, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, Hermetia illucens (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *16*(2), 567–577.

Nasopoulou, C., & Zabetakis, I. (2012). Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. *LWT - Food Science and Technology*, *47*(2), 217–224. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.018

Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A., & Abd_Allah, E. F. (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *26*(4), 709–722. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.11.003

Shah, M. R., Lutzu, G. A., Alam, A., Sarker, P., Kabir Chowdhury, M. A., Parsaeimehr, A., Liang, Y., & Daroch, M. (2018). Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry. *Journal of Applied Phycology*, *30*(1), 197–213. https://doi.org/10.1007/s10811-017-1234-z

Teles, A. O., Couto, A., Enes, P., & Peres, H. (2020). Dietary protein requirements of fish – a meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, *12*(3), 1445–1477. https://doi.org/10.1111/raq.12391

“Jamaica y regulación de obesidad: microbiota y fosfolípidos”

Carmen Alejandra Rangel García[a1], Iza Fernanda Pérez Ramirez[b], Elizabeth Morales Luna[b], Rosalía Reynoso Camacho[2b] y Luis Miguel Salgado Rodríguez[a3]

[a] Centro de Investigación en Ciencias Aplicadas y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. [b] Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

[1] carangelg.mx@gmail.com Tel: (442) 3172229

[2] rrcamachomx@yahoo.com.mx Tel: (442) 1921200 ext. 5576

[3] lmsalgador@ipn.mx Tel: (442) 2290804 ext. 81012.

Resumen

La obesidad está relacionada con la resistencia a la insulina y el consumo de jamaica es una estrategia para prevenir estas anomalías. Los extractos de jamaica con diferentes tonalidades y perfiles fitoquímicos tienen efectos biológicos diferenciales. El objetivo fue determinar el efecto de extractos de dos variedades de jamaica; Alma blanca (blanca) y Cuarenteña (morada) sobre la regulación de obesidad y resistencia a la insulina y su asociación con la microbiota intestinal y los fosfolípidos séricos en ratas obesas.

Se alimentaron ratas con dietas hipercalóricas, y fueron tratadas con extractos de jamaica. Se determinó el peso corporal, y después de 16 semanas se sacrificaron, se recolectó el tejido adiposo para análisis histológicos, contenido colónico para determinar la diversidad microbiana y suero para cuantificar glucosa e insulina, y para realizar un análisis metabolómico dirigido para fosfolípidos.

Ambas variedades disminuyeron la ganancia de peso y el tamaño de los adipocitos, y unicamente la jamaica blanca disminuyó la resistencia a insulina. Se observaron modificaciones microbianas a nivel género en las ratas tratadas con ambas variedades. *Akkermancia* aumentó, mientras que el género *Ruminococcus* disminuyó. Ambos extractos aumentaron la fosfatidilcolina 16:1 16:1, el extracto de jamaica blanca disminuyó las lisofosfatidiletanolaminas 18:0 y 20:4 y el extracto de jamaica morada aumentó los lisofosfatidilinositoles 16:0 y 20:4. Ambas variedades previenen la ganancia de peso corporal, y adicionalmente Alma blanca reguló la resistencia a insulina.

Ambos extractos tienen un efecto benéfico sobre los mismos géneros bacterianos, sin embargo, regulan diferentes fosfolípidos séricos, sugiriendo distintos blancos de acción.

Palabras clave: jamaica, obesidad, microbiota intestinal, metabolómica dirigida, fosfolípidos

Summary

Obesity is associated with insulin resistance, and the consumption of roselle is a strategy to prevent these comorbidities. Roselle extracts with different colors and phytochemical content have differential biological effects. The aim was to determine the effect of aqueous extracts consumption of two roselle varieties: Alma blanca (white) and Cuarenteña (purple), on the regulation of obesity and insulin resistance, and its association with the gut microbiota and serum phospholipids on obese rats.

Rats were fed hypercaloric diets, and they were treated with roselle extracts. Body weight gain was determined weekly, and after 16 weeks the rats were sacrificed. Adipose tissue was collected for histological analysis, colonic content to determine microbial diversity, serum for glucose and insulin quantification, and a targeted metabolomics analysis for phospholipids.

Both varieties decreased weight gain and adipocyte size. At the same time only white roselle decreased insulin resistance. Microbial modifications at the gender level were observed in rats treated with both varieties of roselle. *Akkermancia* increased, while the genus *Ruminococcus* decreased. Both extracts increased the phosphatidylcholine 16: 1 16: 1, the white roselle extracts decreased lysophosphatidylethanolamines 18: 0 and 20: 4, and the purple roselle extracts increased lysophosphatidylinositols 16: 0 and 20: 4. Both varieties prevent body weight gain, and additionally, Alma Blanca regulated insulin resistance. Both extracts have a beneficial effect on the same bacterial genera. However, they regulate different serum phospholipids, suggesting different targets of action.

Key words: roselle, obesity, gut microbiota, targeted metabolomics, phospholipids

Introducción

La obesidad se caracteriza por un aumento en el tamaño (hipertrofia) y número (hiperplasia) de los adipocitos, lo cual conlleva a un estado de inflamación. Este proceso de inflamación induce una resistencia a insulina. En presencia de estas comorbilidades, se ve afectado el perfil de metabolitos séricos, como es el caso de los fosfolípidos. Los cuales además de funcionar como componentes integrales de la membrana celular, fuente de energía y moléculas de señalización; pueden utilizarse como biomarcadores de los mecanismos fisiopatológicos implicados en el desarrollo de la obesidad y la resistencia a la insulina (Rangel-Huerta *et al*., 2018).

Por otro lado, la microbiota intestinal es un importantes contribuyente a la obesidad, principalmente al modular la adquisición de nutrientes, la regulación de la energía, el almacenamiento de grasa, el consumo de calorías y los cambios en el metabolismo del huésped. Además, esta puede ser modulada por cambios en la dieta, entre ellos el aumento en el consumo de compuestos fenólicos presentes en las plantas (Devaraj *et al*., 2013).

Los compuestos fenólicos son considerados como prebióticos, favoreciendo a las comunidades microbianas relacionadas con una buena salud intestinal. Además, los compuestos fenólicos son metabolizados por la microbiota**,** dando como resultado metabolitos microbianos con efecto benéfico (Dueñas *et al*., 2015).

Los extractos herbales son una fuente de compuestos fenólicos y son altamente consumidos como parte de la medicina tradicional, entre estas bebidas destacan las decocciones preparadas a base de cálices de jamaica roja, las cuales han demostrado tener un efecto antiobesogénico, antidiabético y antilipidémico. Los mecanismos que se han asociado con estos efectos son la regulación negativa de la síntesis de ácidos grasos **(**Chang *et al*., 2014**),** la inhibición de las enzimas digestivas (Carvajal-Zarrabal *et al*., 2009**)** así como la disminución de la inflamación **(**Bule *et al*., 2020**).** Además, recientemente se ha comprobado que modula la microbiota intestinal (Diez-Echave *et al*., 2020).

En México se cultiva jamaica de diferentes variedades, las cuales difieren en su coloración, desde tonalidades blancas o amarillas hasta las tonalidades rojo intenso y morado. Nuestro grupo de investigación ha demostrado que variedades de colores contrastantes tienen efectos biológicos diferentes atribuidos a la diferencia en sus perfiles fitoquímicos. Por ejemplo, las variedades de tonalidades rojas son ricas en antocianinas y las variedades blancas tienen ácidos orgánicos, ácidos fenólicos y flavonoides como sus compuestos mayoritarios. Esto siguiere que dichos efectos no solo están relacionados con las antocianinas (Morales-Luna *et al*., 2018). Por lo cual, es importante evaluar el potencial de los extractos de jamaica de variedades con diferentes perfiles de compuestos fitoquímicos.

Objetivo general.

Determinar el efecto del consumo de los extractos acuosos de dos variedades contrastantes de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) sobre la regulación de la microbiota intestinal y el perfil de fosfolípidos séricos en ratas obesas.

Objetivos específicos.

1) Comprobar el efecto de los extractos acuosos de dos variedades de jamaica sobre parámetros fisiológicos y bioquímicos alterados por el consumo de una dieta hipercalórica en ratas.
2) Determinar la composición de la microbiota intestinal de ratas con dieta hipercalórica tratadas con extractos acuosos de las dos variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*).
3) Identificar metabolitos lipídicos endógenos en suero de ratas alimentadas con dieta alta en grasa y fructosa modulados por el consumo de dos variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*).

Metodología

Material vegetal: se utilizaron dos variedades de jamaica, Alma blanca (blanca) y Cuarenteña (morada) obtenidas de productores del estado de Oaxaca y Nayarit respectivamente.

Preparación y caracterización de los extractos: se prepararon decocciones al 3% de los cálices secos de jamaica. Se dejaron hervir en agua por 15 minutos, se dejaron enfriar y se filtraron. Se analizó el perfil de compuestos bioactivos utilizando un UPLC-DAD-ESI-qTOF-MS, identificando y cuantificando ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas y ácidos orgánicos.

Animales: se utilizaron 32 ratas macho Wistar con un peso inicial de 180-200 g, adquiridas en el Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los animales se aclimataron por 7 días bajo condiciones ambientales estándar (40-60 % humedad relativa, 24±2 °C y un ciclo de 12 h de luz-obscuridad), estas fueron alimentadas con dieta estándar comercial (Rodent Lab Chow 5001, Purina) y agua *ad libitum*.

Inducción de obesidad: la dieta alta en grasa y fructosa contenía 61.94% de dieta estándar, 20% de manteca de cerdo, 18% de fructosa, 0.03% de vitaminas y 0.03% de minerales. Los animales se dividieron en 4 grupos (n=8): grupo alimentado con dieta estándar (DE), grupo alimentado con dieta alta en grasa y fructosa (DAGF), el grupo con DAGF más extracto de jamaica Alma blanca (DAGF + Blanca) y grupo con DAGF más tratamiento con extracto de Cuarenteña (DAGF + Morada). Durante 16 semanas a los grupos tratados se les administró diariamente el extracto, mientras que los grupos no tratados consumían agua potable; ambas bebidas se proporcionaron *ad libitum*. Se registró el peso corporal, así como el consumo de alimento y bebida semanalmente. Al finalizar el experimento las ratas se colocaron en un ayuno de 8-12 horas y fueron sacrificadas. Se recolectó el tejido adiposo para análisis histológicos, contenido colónico para determinar la diversidad microbiana y suero para cuantificar glucosa e insulina, y para realizar un análisis metabolómico dirigido para fosfolípidos.

El suero sanguíneo y el contenido del colon fueron colectados en tubos estériles e inmediatamente almacenados a -80 ºC hasta su uso. El tejido adiposo se pesó y se fijó en una solución de formalina (pH 7.4).

Determinación de peso y tamaño (hipertrofia) del tejido adiposo: Se realizaron cortes de 5 µm y se fijaron en parafina. Se tiñeron con hematoxilina y eosina y se analizaron en un microscopio Lica icc50 HD. Las imágenes se analizaron en el software (IMAGEJ) en el cual se obtuvo el área por célula analizando 5 imágenes por rata.

Determinación de glucosa e insulina y cálculo del índice HOMA-IR: La glucosa e insulina se analizaron por medio de un Kit colorimétrico/enzimático de la marca Spinreact y un Kit ELISA (Rat/Mouse) de la marca Millipore respectivamente. Se calculó el HOMA-IR con la formula: (INS [µU/mL] * GLUC [mg/dL]) / 405.

Diversidad microbiana: Se realizó la extracción de DNA a partir de 50 mg de contenido cecal adicionando 1 mL de buffer de lisis y esferas de zirconia estériles. Se homogenizó, incubó y centrifugó. Se recuperó el sobrenadante en otro tubo y al precipitado se le agregaron 300 µL de buffer y se repitió el procedimiento. Se procedió a la purificación del DNA con el Kit "QIAamp Fast DNA Stool". Con esto se realizó la secuenciación con la plataforma Illumina MiSeq. Y por último los datos fueron analizados con las herramientas informáticas USEARCH y Kraken.

Metabolómica dirigida: Se homogenizaron 200 µL de suero con 400 µL de metanol frío y la mezcla se centrifugó. El sobrenadante se filtró y se colocó en viales para su posterior análisis. Este se llevó a cabo en un equipo de cromatografía líquida de ultra alta resolución (UPLC) Acquity clase I con detector PDA y espectrómetro de masas tándem (MS-MS) (Waters, Vion IMS QTOF). El análisis de datos e identificación de metabolitos se llevó a cabo en el software UNIFI. Los datos se compararon contra una librería que contenía lisofosfolípidos y fosfolípidos, creada a

partir de las bases de datos Human Metabol Data Base (HMDB) y Lipid Maps. Los análisis quimiométricos se realizaron en la plataforma de libre acceso MetaboAnalyst.

Resultados

Cuantificación de compuestos bioactivos en extractos acuosos de *Hibiscus sabdariffa* blanca y morada.

En la Tabla 1 se muestra un resume de los resultados obtenidos mediante el análisis por ESI-QToF-MS de la cuantificación de los compuestos bioactivos en ambas variedades de jamaica. Se cuantificaron tres antocianinas, dos flavonas, doce flavonoles, cinco ácidos hidroxibenzoicos, catorce ácidos hidroxicinámicos y seis ácidos orgánicos.

Como era de esperar, las antocianinas se identificaron solo en los extractos de color morado. La principal antocianina identificada fue la delfinidina sambubiósido, esta al igual que la cianidina-3-glucósido, han sido reportadas anteriormente como los principales compuestos presentes en los extractos de variedades rojas (Borras-Linares *et a*l., 2015; Morales-Luna *et al*., 2018).

Con respecto a otros flavonoides, se encontraron hexósido de crisoeriol, apiosil-hexósido de crisoeriol, rutinósido de (iso)-ramnetina, dihexósido de kaempferol, hexósido-ramnósido de quercetina y ramnósido de miricetina en ambas variedades. En nuestro conocimiento, este es el primer estudio que reporta estos flavonoides en extractos acuosos de jamaica. Además, se identificaron otros flavonoides previamente reportados. Entre estos se encuentran miricetina hexósido, quercetina rutinósido (rutina), quercetina hexósido, quercetina y miricetina, principalmente detectados en los extractos de jamaica morada y kaempferol pentosil-hexósido principalmente encontrado en los extractos de jamaica blanca. En cuanto a los ácidos fenólicos, el ácido 5-cafeoilquínico (ácido clorogénico) fue el principal ácido fenólico en ambas variedades, seguido del ácido cafeoilquínico (isómero II).

Con respecto a los ácidos orgánicos, los extractos acuosos blancos mostraron un mayor contenido de estos compuestos, esto coincide con lo reportado por Morales-Luna *et al.*, (2018). El ácido cítrico fue el principal ácido orgánico en los extractos blancos, mientras que el ácido hibiscus fue el principal ácido orgánico en los extractos de jamaica morada. Además, se encontraron ácido quínico, ácido benzoico y ácido aconítico en ambos extractos y, hasta donde sabemos, es la primera vez que se encuentran estos compuestos. Estos resultados sugieren que ambos extractos son una fuente rica de compuestos bioactivos.

Efecto de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada sobre la ganancia de peso.

En la Figura 1 se presenta la ganancia de peso corporal de los animales. El grupo tratado con DAGF mostró una ganancia de peso del 38 % respecto al grupo dieta estándar, lo cual comprueba el desarrollo de la obesidad. Respecto a los grupos experimentales, el consumo de extractos de la variedad Alma blanca disminuyó la ganancia del peso corporal en un 11 % y el consumo de jamaica morada un 9 % con respecto al grupo DAGF.

Tabla 1. Perfil de polifenoles y ácidos orgánicos por HPLC-DAD-MS de extractos acuosos de *Hibiscus sabdariffa* blanca y morada.

Compuesto	Rt (min)	Concentración	
		Extracto de jamaica blanca	Extracto de jamaica morada
Delfinidina sambubiósido	2.25	ND	23.58 ± 0.84
Cianidina hexósido	2.95	ND	0.01 ± 0.01
Miricetina hexósido	3.41	0.63 ± 0.03	6.71 ± 0.81
Quercetina rutinósido (rutina)	3.95	1.66 ± 0.10	9.02 ± 0.21
Quercetina hexósido	4.18	1.69 ± 0.14	9.68 ± 1.39
Miricetina	5.64	0.02 ± 0.00	2.70 ± 3.79
Quercetina	8.74	0.04 ± 0.01	3.77 ± 6.49
Kaempferol pentosil-hexósido	2.53	3.19 ± 0.12	0.03 ± 0.00
Ácido 5-cafeoilquínico (ácido clorogénico)	2.15	33.88 ±0.36	27.73 ± 0.99
Ácido cafeoilquínico (isómero II)	2.69	28.04 ±0.15	20.98 ± 1.00
Ácido cítrico	2.60	19.42 ±0.11	1.74 ± 0.10
Ácido hibiscus	2.70	8.81 ± 1.12	6.37 ± 0.41

Datos expresados como la media de tres determinaciones independientes ± DE. µg mL-1 de extractos acuosos. ND: no detectado.

Efecto de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada sobre la hipertrofia del tejido adiposo.

En la Figura 2A se observa el peso relativo del tejido adiposo, el grupo alimentado con DAGF mostró un incremento de 2.3 veces con respecto a los animales que consumieron la dieta estándar. Los grupos tratados con extractos de jamaica blanca y morada mostraron una disminución del porcentaje de grasa visceral en un 21.3 % y 14.9 % respectivamente, al compararse con el grupo de DAGF.

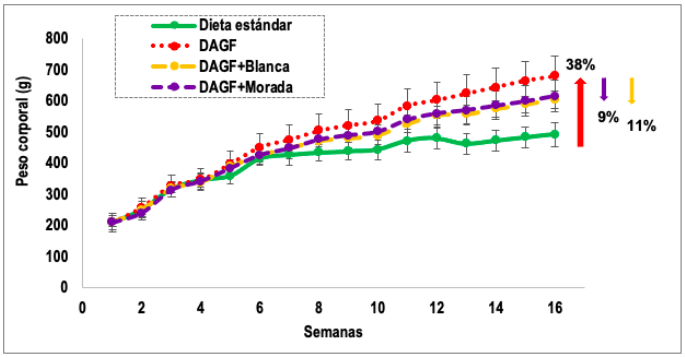


Figura 1. Efecto de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada sobre la ganancia de peso. Resultados expresados como la media ± DE (n = 8).

Asimismo, se mostró un aumento de 1.2 veces de área por célula (hipertrofia) del grupo DAGF respecto al grupo dieta estándar. Los tratamientos (blanca y morada) disminuyeron este parámetro en un 16 y 13 % respectivamente con respecto al grupo DAGF (Figura 2B).

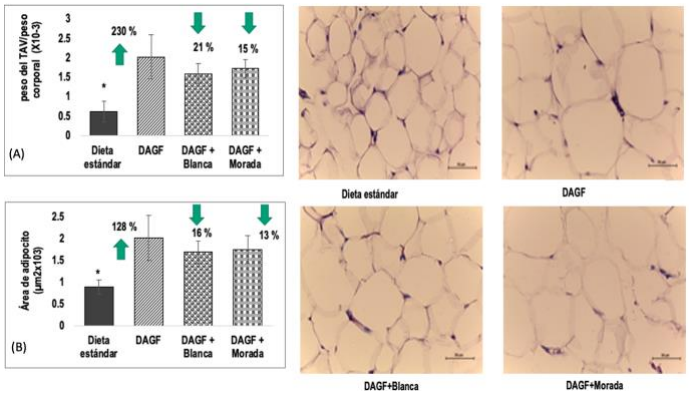


Figura 2. Efecto de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada sobre el tejido adiposo. Resultados expresados como la media ± DE (n = 8). * Diferencia con respecto al grupo DAGF mediante la prueba de Dunnet.

<u>Efecto de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada sobre la resistencia a la insulina.</u>

La dieta hipercalórica también provocó resistencia a la insulina, los animales del grupo DAGF mostraron un aumento de la concentración de glucosa sérica, de insulina en ayunas, y del índice HOMA-IR (28%, 22% y 55%, respectivamente) comparado con el grupo de dieta estándar (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada sobre la concentración sérica de glucosa e insulina en ayunas y la resistencia a la insulina (HOMA-IR).

	Glucosa en ayunas [mg/dL]	Insulina en ayunas [ng/mL]	HOMA-IR
Dieta estándar	100.78 ± 18.2*	1.54 ± 0.06*	9.52 ± 1.39*
DAGF	129.36 ± 17.0	1.88 ± 0.12	14.83 ± 1.08
DAGF+Blanca	124.15 ± 15.2	1.25 ± 0.10*	9.51 ± 1.38*
DAGF+Morada	116.44 ± 17.6	1.83 ± 0.31	13.18 ± 3.25

El consumo de extracto de jamaica blanca mostró una disminución en las concentraciones de insulina del 33% comparado con el grupo DAGF, el efecto benéfico de este tratamiento sobre la resistencia a la insulina se comprobó con los resultados del cálculo del índice HOMA-IR, en el cual se observó una disminución del 35 % (Tabla 2). Mientras que la jamaica morada no presentó ningún cambio.

<u>Diversidad microbiana cecal en ratas obesas tratadas con extractos acuosos de jamaica blanca y morada.</u>

El consumo de la DAGF durante 16 semanas no mostró modificaciones significativas a nivel filo (Figura 3A). Con respecto al género, se observó que *Akkermansia* disminuyó en los animales del grupo DAGF y aumentó en los grupos tratados con ambas variedades. *Ruminicoccus* se identificó en mayor proporción en los animales del grupo DAGF y en este caso se observó una disminución de la proporción de este género en los grupos tratados con ambas variedades. Además, el género *Clostridium_sensu_stricto* no se encontró en el grupo alimentado con dieta estándar, pero si se detectó en el grupo DAGF y en los grupos con tratamiento la proporción de este género aumentó (Figura 3B).

<u>Perfil de fosfolípidos en ratas obesas tratadas con extractos acuosos de jamaica blanca y morada</u>

Se identificaron 45 fosfolípidos mediante el estudio de metabolómica dirigida: 5 ácidos lisofosfatídicos (LysoPA), 8 lisofosfatidiletanolaminas (LysoPE), 3 lisofosfatidilcolinas (LysoPC), 3 lisofosfatidilinositol (LysoPI), 6 lisofosfatidilserinas (LysoPS), 2 ácidos fosfatídicos (PA), 6 fosfatidiletanolaminas (PE), 1 fosfatidilcolina (PC), 5 fosfatidilinositol (PI) y 6 fosfatidilserinas (PS).

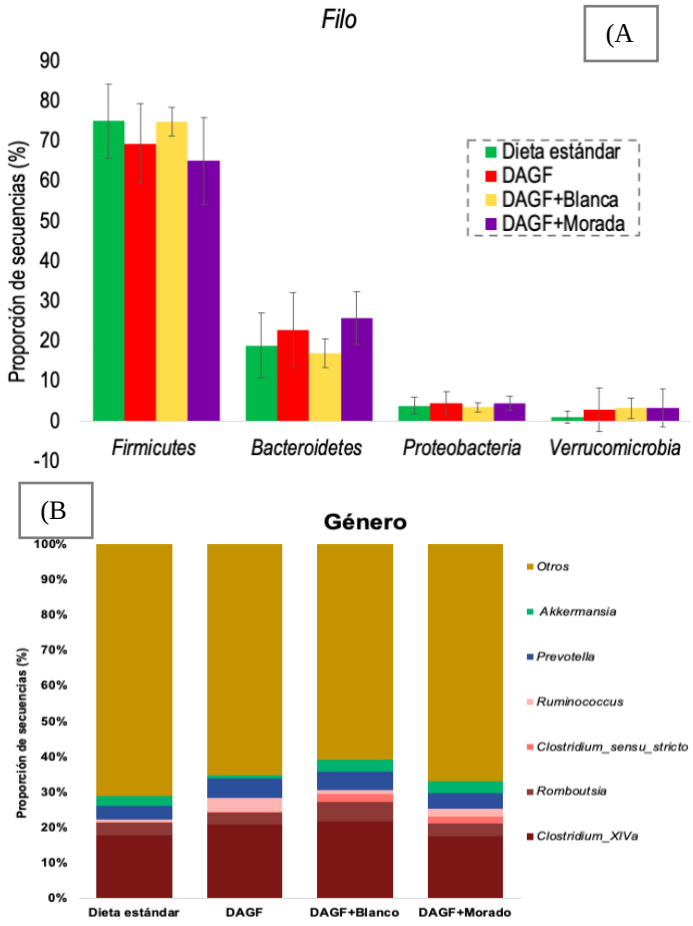


Figura 3. Diversidad microbiana cecal en ratas obesas tratadas con extractos acuosos de jamaica blanca y morada. Proporciones de secuencias: taxones de (A) filo y (B) género de las bacterias más abundantes en los diferentes grupos. Resultados expresados como la media ± DE (n = 4).

En la Figura 4 se observa un mapa de calor que muestra el perfil de fosfolípidos y la abundancia de estos entre los grupos en estudio. El mapa de calor es un análisis multivariable de agrupamiento por similitud, en el que podemos observar de manera general que se forman dos grupos, el de los individuos que tienen mayor similitud al grupo de la dieta estándar en el que encontramos a los animales tratados con jamaica blanca. Mientras que el grupo de la DAGF fue similar a los animales tratados con jamaica morada. De manera general la jamaica blanca presenta un efecto positivo sobre el perfil de los fosfolípidos séricos.

La Figura 5 muestra el diagrama perteneciente al Análisis Discriminante Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-DA). Este es un análisis multivariado de agrupamiento que tiene el poder de discriminar por diferencias entre los grupos. Los grupos DAGF (circulo rojo) y dieta estándar (circulo verde) se discriminan fuertemente.

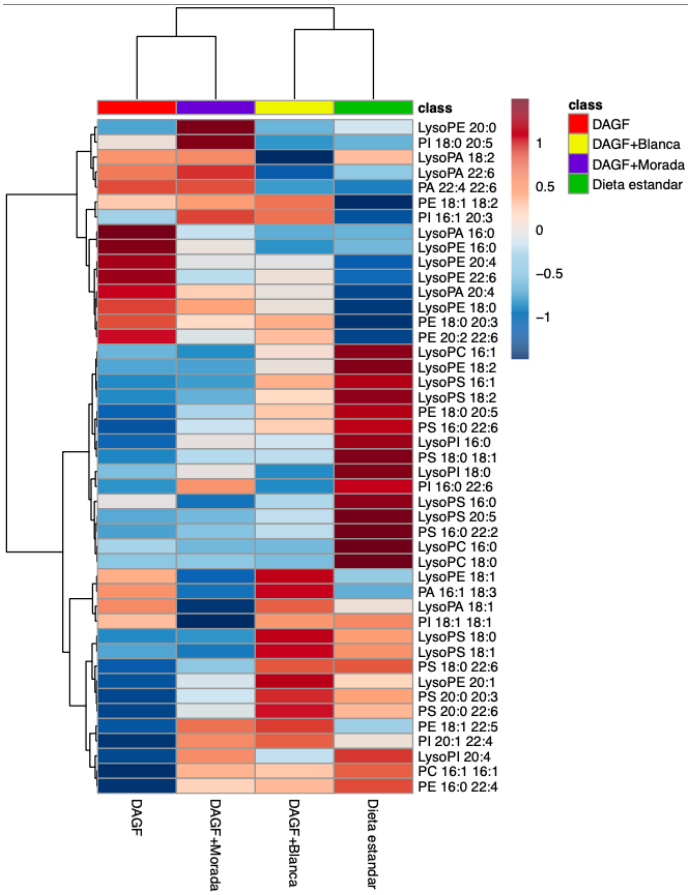


Figura 4. Mapa de calor que muestra el perfil de los fosfolípidos identificados en suero de las ratas obesas tratadas con extractos acuosos de jamaica blanca y morada. El color rojo representa una mayor presencia del metabolito y el color azul indica menor presencia. Entre más intenso es el color, más representativa es la respuesta.

Además, los grupos tratados con jamaica blanca (circulo amarillo) y con jamaica morada (circulo morado) muestran una ligera discriminación con respecto al grupo dieta estándar y algunos de sus individuos (puntos amarillos y morados) no logran discriminarse del grupo DAGF. Estos resultados sugieren que los fosfolípidos son metabolitos que presentan pocos cambios por efecto del tratamiento con extractos de jamaica. El PLS-DA nos da la

importancia de las variables medidas (VIP) con las cuales se creó el modelo, esta puntuación es utilizada para identificar los metabolitos a los cuales les podemos atribuir la discriminación entre los grupos.

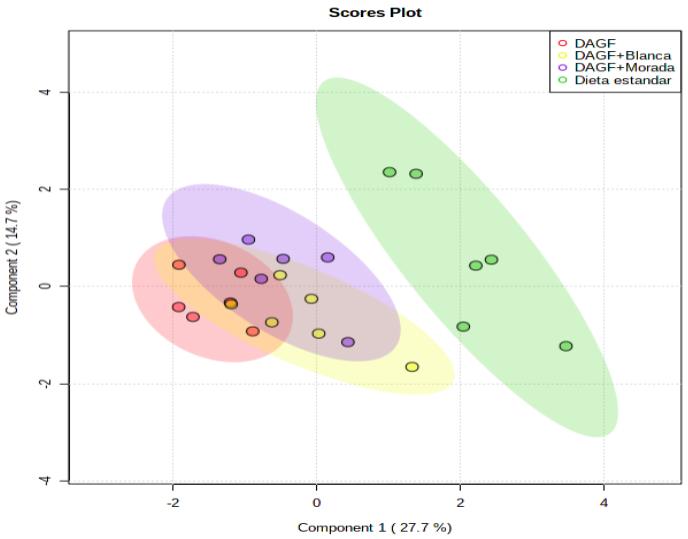


Figura 5. Análisis Discriminante Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-DA). Nos muestra como se discriminan los grupos con respecto a sus diferencias, tomando en cuenta las respuestas de los metabolitos medidos.

En la Figura 6 se muestran las puntuaciones VIP dónde podemos observa que hay metabolitos que tiene una alta importancia en el modelo discriminante; los cuales fueron seleccionados para comprobar el efecto de los tratamientos. En la Figura 7 se observa que ambos extractos aumentaron la fosfatidilcolina de 16:1 16:1, mientras que el extracto de jamaica blanca disminuyó las lisofosfatidiletanolaminas 18:0 y 20:4 y el extracto de jamaica morada aumentó los lisofosfatidilinositoles 16:0 y 20:4 respecto al grupo DAGF.

Discusiones y conclusiones

El consumo de una dieta alta en grasa y fructosa favorece un aumento de peso, el cual secaracteriza por la acumulación de energía en forma de triglicéridos en el tejido adiposo, lo que conlleva a su aumento, tanto en número, como en tamaño de los adipocitos. Además, la obesidad conlleva a el desarrollo de enfermedades metabólicas como la resistencia a la insulina que puede culminar en diabetes mellitus tipo 2.

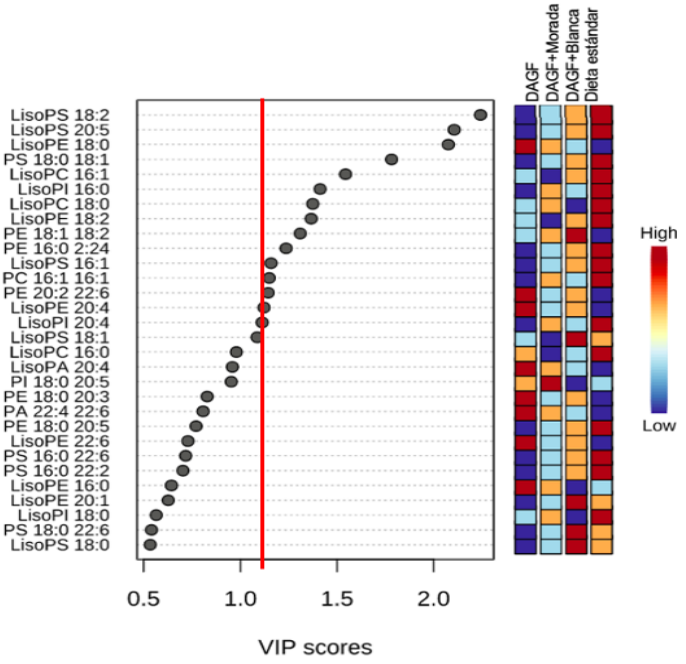


Figura 6. Representación de los metabolitos con mejor puntuación VIP en el modelo PLS-DA. En este caso se seleccionaron los cuatro metabolitos más separados del conjunto de variables medidas como posibles responsables del poder discriminante del modelo.

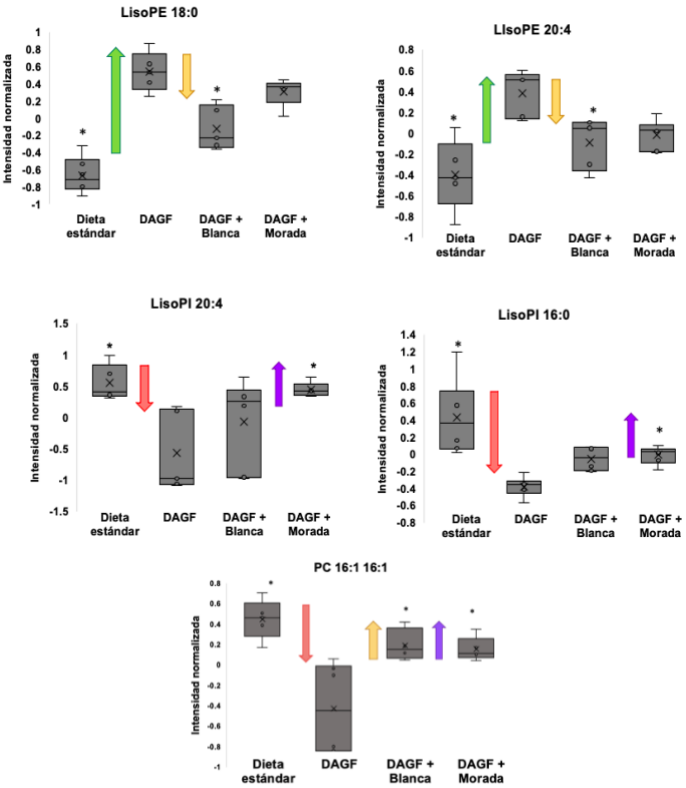


Figura 7. Análisis univariado de los metabolitos con mejor puntuación VIP. * diferencias con respecto al grupo DAGF; # diferencias con respecto al grupo dieta estándar mediante la prueba Wilcoxon.

El consumo de los extractos acuosos de jamaica blanca y morada mostraron tener potencial como tratamiento preventivo para la ganancia de peso, estos resultados son similares a lo reportado por Morales-Luna y colaboradores (2018), quienes observaron una disminución de la ganancia de peso del 11.2 % debido al consumo de extractos acuosos de Alma blanca. Por otro lado, el efecto presentado por la variedad morada no había sido reportado anteriormente.

El efecto antiobesogénico de la jamaica se ha relacionado con una disminución del tamaño de adipocitos, lo cual es acorde a lo encontrado en nuestro estudio para ambas variedades. Amaya-Cruz y colaboradores (2019) reportaron que el consumo de cálices de jamaica disminuyó en un 13 % la hipertrofia de adipocitos en animales obesos inducidos con dieta alta en grasa y fructosa. Se ha demostrado que lo macrofagos presentes en el tejido adiposo en un estado de obesidad, incrementan aumentando el estado de inflamación (Russo *et al*., 2018).

El estado de inflamación provocado por la obesidad se relaciona directamente con el aumento de citocinas que regulan procesos como el metabolismo de los lípidos, la homeostasis de la glucosa y la sensibilidad a la insulina. En este estudio también se demuestra que el modelo de obesidad presentó resistencia a la insulina, aumentando la glucosa sérica en ayuno, la concentración de insulina y por lo tanto el índice HOMA-IR con respecto el grupo de la dieta estándar. El consumo de extracto de jamaica blanca mostró una disminución de la resistencia a insulina comparado con el grupo DAGF, determinada con el cálculo del índice HOMA-IR. Por otro lado los resultados de la jamaica morada no coinciden con lo reportado por Peng y colaboradores (2011) quienes demostraron que la jamaica de tonalidad roja rica en antocianinas disminuye los valores del índice HOMA-IR. Este resultado contrastente podría estar relacionado con la dosis administrada, la cual fue mayor a la de nuestro estudio.

Por otro lado, se ha reportado la relación entre la obesidad y la disbiosis de la microbiota intestinal. Ya que algunas bacterias son capaces de cotribuir al aprovechamiento y ahorro de energía proveniente de la dieta. Con respecto a esto se sabe que los compuesto fenolicos presentes en los extractos herbales son capaces de reequilibrar el microbioma intestinal aumentando las bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta y otros metabolitos microbianos con beneficios a la salud (Lu *et al*., 2019).

Diez-Echave y colaboradores (2020) reportaron el efecto de los extractos de la jamaica roja sobre las comunidades microbianas presentes en el contenido colónico de ratones macho C57BL/6J. Ellos observaron una mejora en la relación *Firmicutes*/*Bacteroidetes* identificada por algunos autores como marcador de salud intestinal, aunque esto es controvercial. Nuestros resultado difieren a los de estos autores, ya que esta relación a nivel filo no fue mejorada por el consumo de las dos variedades utilizadas en este estudio. Algunos otros autores han reportado resultados similares a lo encontrado en nuestro estudio. Respecto a los tratamientos, ambas variedades tuvieron un efecto positivo sobre géneros relacionados con el control de la obesidad, como lo es el aumento de *Akkermansia*, la cual se ha utilizado como probiotico para regular la comunidad bacteriana y disminuir el peso corporal (Cani *et al*., 2017). Mientras que *Ruminicoccus* disminuyó por efecto de ambas variedades, algunas especies de este género se han relacionado con fenotipos de daño cardiovascular en individuos obesos (Kurilshikov *et al*., 2019).

Por otro lado se ha demostrado que el perfil de fosfolípidos es inducido por disbiosis e inflamación intestinale y a su vez, estos metabolitos séricos se relacionan con la adipocidad (Kayser *et al*., 2019).

El análisis de PLS-DA permitió identificar un total de trece especies de fosfolípidos con valor VIP significativo, en el grupo de DAGF disminuyeron diez especies de fosfolípidos, principalmente lisofosfatidilcolinas (LysoPC 16: 1, LysoPC 18 : 0, PC 16: 1 16: 1, LysoPE 18: 2, PE 16: 0 22: 4, LysoPS 18: 2, LysoPS 20: 5, PS 18: 0 18: 1, LysoPI 16: 0 y LysoPI 20: 4) y aumentaron tres especies de fosfolípidos principalmente lisofosfatidiletanolaminas (LysoPE 18: 0, LysoPE 20: 4 y PE 18: 1 18: 2). Nuestros resultados concuerdan con otros autores, quienes demostraron que diferentes especies de lisofosfatidilcolinas séricas se ven disminuidas en individuos con obesidad o resistencia a la insulina, y que esto persisten incluso después de la pérdida de peso (Liu *et al*., 2017).

Con respecto a los tratamientos, el consumo de ambos extractos acuosos de jamaica aumentaron la presencia de fosfatidilcolina 16: 1 16: 1. De acuerdo a nuestra revisión, no existen antecedentes relacionados con obesidad y este tipo de fosfolipidos. Se ha reportado que algunas fosfatidilcolinas (con sustituyente como 26:0, 36: 1, 38: 3, 38: 4, 38: 5, 40: 2, 40: 5 y 40: 6) se ven aumentadas signifcativamente, pero otras con diferentes sutituyentes (34: 2, 34: 3 y 36: 0) disminuyen en obesidad, sugiriendo que la desregulación ocasionada por la obesidad sobre las fofatidilcolinas es un efecto individual para cada tipo de sustituyente de ácido graso (Eisinger *et al*., 2014). Adicionalmente los extractos acuosos de jamaica blanca disminuyeron los LysoPE (18: 0 y 20: 4) y los extractos acuosos de jamaica morada aumentaron LysoPI (16: 0 y 20: 4). En nuestro conocimiento no hay reportes anteriores que describan el efecto de extractos de jamaica sobre estos fosfolípidos.

Con base a los resultados se concluye que el consumo de ambas variedades ejercen un control sobre la obesidad, y presentan un efecto similar sobre la regulación de la microbiota, modulando los mismos géneros bacterianos. Mientras que para el control de resistencia a insulina solamente Alma blanca presenta beneficios. Se detectaron 5 posibles biomarcadores séricos, de la familia de los fosfolípidos, estrechamente involucrados en el efecto de los extractos de jamaica en ratones alimentados con DAGF.

Referencias bibliográficas

1.-Amaya-Cruz, D., Peréz-Ramírez, I. F., Pérez-Jiménez, J., Nava, G. M., & Reynoso-Camacho, R. (2019). Comparison of the bioactive potential of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyx and its by-product: Phenolic characterization by UPLC-QTOF MSE and their anti-obesity effect in vivo. *Food Research International*, 126, 108589.

2.-Borrás-Linares, I., Fernández-Arroyo, S., Arráez-Roman, D., Palmeros-Suárez, P. A., Del Val-Díaz, R., Andrade-Gonzáles, I., Fernández-Gutiérrez, A., Gómez-Leyva, J. F., & Segura-Carretero, A. (2015). Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Industrial Crops and Products*, 69, 385-394.

3.-Bule, M., Albelbeisi, A. H., Nikfar, S., Amini, M., & Abdollahi, M. (2020). The antidiabetic and antilipidemic effects of *Hibiscus sabdariffa*: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Food Research International*, 130, 108980.

4.-Carvajal-Zarrabal, O., Hayward-Jones, P. M., Orta-Flores, Z., Nolasco-Hipólito, C., Barradas-Dermitz, D. M., Aguilar-Uscanga, M. G., & Pedroza-Hernández, M. F. (2009). Effect of *Hibiscus sabdariffa* L. dried calyx ethanol extract on fat absorption-excretion, and body weight implication in rats. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2009.

5.-Cani, P. D., & de Vos, W. M. (2017). Next-generation beneficial microbes: the case of Akkermansia muciniphila. *Frontiers in microbiology*, 8, 1765.

6.-Chang, H. C., Peng, C. H., Yeh, D. M., Kao, E. S., & Wang, C. J. (2014). *Hibiscus sabdariffa* extract inhibits obesity and fat accumulation and improves liver steatosis in humans. *Food & function*, 5(4), 734-739.

7.-Devaraj, S., Hemarajata, P., & Versalovic, J. (2013). La microbiota intestinal humana y el metabolismo corporal: Implicaciones con la obesidad y la diabetes. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 47(2).

8.-Diez-Echave, P., Vezza, T., Rodríguez-Nogales, A., Ruiz-Malagón, A. J., Hidalgo-García, L., Garrido-Mesa, J., Molina-Tijeras, J. A., Romero, M., Robles-Vera, I., Pimentel-Moral, S., & Borras-Linares, I. (2020). The prebiotic properties of *Hibiscus sabdariffa* extract contribute to the beneficial effects in diet-induced obesity in mice. *Food Research International*, 127, 108722.

9.-Dueñas, M., Muñoz-González, I., Cueva, C., Jiménez-Girón, A., Sánchez-Patán, F., Santos-Buelga, C., Moreno-Arribas, M, V., & Bartolomé, B. (2015). A survey of modulation of gut microbiota by dietary polyphenols. *BioMed research international*, 2015, 1-15.

10.-Eisinger, K., Liebisch, G., Schmitz, G., Aslanidis, C., Krautbauer, S., & Buechler, C. (2014). Lipidomic analysis of serum from high fat diet induced obese mice. *International journal of molecular sciences*, 15(2), 2991-3002.

11.-Kayser, B. D., Lhomme, M., Prifti, E., Cunha, C. D., Marquet, F., Chain, F., & Rizkalla, S. W. (2019). Phosphatidylglycerols are induced by gut dysbiosis and inflammation, and favorably modulate adipose tissue remodeling in obesity. *The FASEB Journal*, 33(4), 4741-4754.

12.-Kurilshikov, A., van den Munckhof, I. C., Chen, L., Bonder, M. J., Schraa, K., Rutten, J. H., Rikse, N, P., de Graff, J., Oosting, M., Sanna, S., Joosten, L, A., van der Graaf, M., Brand, T., Koonen, D. P., van Faassen, M., & Fu, J. (2019). Gut microbial associations to plasma metabolites linked to cardiovascular phenotypes and risk: a cross-sectional study. *Circulation research*, 124(12), 1808-1820.

13.-Liu, R., Hong, J., Xu, X., Feng, Q., Zhang, D., Gu, Y., Shi, J., Zhao, S., Wang, X., Xia, L., Liu, Z., Cui, B., & Xia, H. (2017). Gut microbiome and serum metabolome alterations in obesity and after weight-loss intervention. *Nature medicine*, 23(7), 859.

14.-Lu, X., Liu, J., Zhang, N., Fu, Y., Zhang, Z., Li, Y., Wang, W., Li, Y., Sheng, P., & Cao, Y. (2019). Ripened Pu-erh tea extract protects mice from obesity by modulating gut microbiota composition. J*ournal of agricultural and food chemistry*, 67(25), 6978-6994.

15.-Morales-Luna, E., Pérez-Ramírez, I. F., Salgado, L. M., Castaño-Tostado, E., Gómez-Aldapa, C. A., & Reynoso-Camacho, R. (2018). The main beneficial effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) on obesity is not only related to its anthocyanin content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 596-605.

16.-Peng, C. H., Chyau, C. C., Chan, K. C., Chan, T. H., Wang, C. J., & Huang, C. N. (2011). *Hibiscus sabdariffa* polyphenolic extract inhibits hyperglycemia, hyperlipidemia, and glycation-oxidative stress while improving insulin resistance. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(18), 9901-9909.

17.-Rangel-Huerta, O. D., Pastor-Villaescusa, B., & Gil, A. (2019). Are we close to defining a metabolomic signature of human obesity? A systematic review of metabolomics studies. *Metabolomics*, 15(6), 1-31.

18.-Russo, L., & Lumeng, C. N. (2018). Properties and functions of adipose tissue macrophages in obesity. *Immunology*, 155(4), 407-417.

Fisiología poscosecha de tomates orgánicos y convencionales

Carolina N. Reséndiz-Nava[1a], María G. Rendón-Ducoing[2a], Ángel R. Flores-Sosa[3a], Gerardo M. Nava[4a], Ma. E. Vázquez-Barrios[5a], Dulce M. Rivera-Pastrana[6a], Fernando Alonso-Onofre[7b], Edmundo M. Mercado-Silva[8a]

[a]Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

[b]Centro Universitario CEICKOR.

[1]carolina.resendiz.90@gmail.com;
[2]lupitarendon1997@gmail.com;
[3]angel_ramon08@hotmail.com;
[4]gerardomnava@gmail.com;
[5] mevazquez@uaq.edu.mx;
[6] dulceriverap@gmail.com;
[7]fernando.alonso@centrouniversitarioceickor.edu.mx;
[8]mercado501120@gmail.com

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más comercializada a nivel mundial. En México, 20% de la producción nacional, se produce bajo cultivos hidropónicos; ya sea bajo sistemas de producción convencional u orgánico. La producción de tomate orgánico se ha triplicado en la última década debido a la demanda de los consumidores por alimentos más saludables y sostenibles. Sin embargo, existe escasa información acerca de la fisiología poscosecha y la vida de anaquel de tomates producidos en sistemas de cultivo convencional y orgánico. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento poscosecha de tomates (cv. *Merlice*) cultivados en sistemas hidropónicos convencionales y orgánicos durante su almacenamiento por 16 días a 12 °C. Al final del periodo de almacenamiento, los tomates convencionales y orgánicos presentaron índices de color (a*) comparables. Sin embargo, el porcentaje de pérdida de peso fue mayor en tomate orgánico que en el convencional (5% y 2%, respectivamente) al igual que la pérdida de firmeza (48% y 27%, respectivamente). Los resultados obtenidos indicaron que el tomate hidropónico orgánico posee menor vida de anaquel que los frutos del sistema hidropónico convencional. Estas diferencias podrían estar asociadas a una mayor tasa de respiración, transpiración y actividad de enzimas degradadoras de pared celular en los frutos orgánicos. Esta información puede servir como un marco de referencia para establecer estrategias pre y poscosecha para aumentar la vida de anaquel de los frutos orgánicos.

Palabras clave: hidroponía, orgánico, poscosecha, tomate.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the second most commercialized vegetable worldwide. In Mexico, about 20% of tomatoes are produced in hydroponic systems, under conventional or organic production schemes. Organic tomatoes production has tripled since the last decade due to consumer´s demands for healthier and more sustainable foods. However, there is scarce information about the postharvest physiology and the shelf life of tomato fruits harvested from conventional and organic production systems. Thus, the aim of the present work was to compare physiological parameters during 16 days of postharvest storage at 12 °C, of tomatoes (cv. *Merlice*) harvested from conventional and organic hydroponic production systems. At the end of postharvest storage (16 days), conventional and organic tomatoes showed comparable color indexes (a*). However, weight loss percentage (5% and 2%, respectively), and firmness decay (48% and 27%, respectively) was higher ($p < 0.05$) in organic tomatoes compared to conventional ones. Together, these data revealed that organic tomatoes possess shorter shelf life, compared to conventionally grown tomatoes. These differences could be associated with higher respiration and transpiration rates, as well as higher cell-wall degrading enzymes activity in organic fruits. This information could serve as a framework to design pre and post-harvest strategies to extend shelf life of organically grown tomatoes.

Key words: hydroponic, organic, postharvest, tomato.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más comercializada a nivel mundial; anualmente se producen ~182 millones de toneladas de frutos de tomate (FAOSTAT, 2019; Quinet et al., 2019). En México, el tomate es la hortaliza de mayor producción; y se estima que en promedio se cosechan ~3.5 millones de toneladas anualmente (SIAP, 2020).

Actualmente, ~20% de la producción nacional se lleva a cabo en cultivos hidropónicos, ya sea bajo sistemas de cultivo convencionales u orgánicos (AMHPAC, 2018). Los sistemas de producción orgánicos, a diferencia de los convencionales, no permiten el uso de fertilizantes, pesticidas, ni herbicidas químicos sintéticos (Araujo & Telhado, 2015); con lo que se pretende disminuir la contaminación de los mantos freáticos y suelo, así como mejorar la salud de los consumidores (Araujo & Telhado, 2015).

A nivel mundial la producción de tomates orgánicos se ha triplicado en la última década (Araujo & Telhado, 2015). En México, la producción anual promedio de tomates orgánicos es de ~17 mil toneladas (CEDRSSA, 2015); colocándose como la hortaliza orgánica de mayor producción en el país.

El aumento en la demanda y producción de frutos orgánicos, se debe principalmente a la exigencia de los consumidores por adquirir alimentos más saludables y sustentables (Araujo & Telhado, 2015). Sin embargo, diversos estudios han documentado que las diferencias en el manejo precosecha en los sistemas de producción convencional y orgánico, impactan el rendimiento y la calidad poscosecha de los frutos (Ronga et al., 2015). Por ejemplo, se ha demostrado que el sistema de producción de tomate orgánico tiene de 16% a 60% menor rendimiento que el sistema de producción convencional (Mubarok et al., 2019; Ronga et al., 2015).

Algunos reportes revelan que los frutos producidos bajo los sistemas convencionales y orgánicos poseen valor nutricional comparable; por ejemplo, niveles de β-caroteno, licopeno, ácido ascórbico y compuestos fenólicos (Kapoulas, Ilić, Đurovka, Trajković, & Milenković, 2011; Mubarok et al., 2019). Sin embargo, existe limitada evidencia acerca de la calidad y la fisiología poscosecha durante el almacenamiento de tomates cultivados en sistemas de producción hidropónico convencional y orgánico. Esta información es fundamental para estimar el valor comercial y establecer estrategias para alargar la vida de anaquel de estos frutos. La vida de anaquel del tomate, está determinada por cambios fisiológicos en el fruto como la pérdida de la firmeza, pérdida de peso, y la evolución del color. La alteración de estos parámetros disminuye el valor comercial de los frutos (Salas-Méndez et al., 2019).

Para comparar la fisiología y vida de anaquel de tomates producidos en sistemas hidropónicos convencionales y orgánicos, el presente trabajo evaluó la evolución del color, la pérdida de peso y la disminución de firmeza, de frutos de tomate durante 16 días de almacenamiento a 12 °C.

METODOLOGÍA

Diseño experimental

Los frutos de tomate fueron recolectados de invernaderos ubicados en el Centro de Investigación y Capacitación Koppert Rapel en el Municipio de Colón, Querétaro. (20°42'22.5"N 99°56'27.6"W). Se cosecharon ~100 racimos de tomate cv. *Merlice*, de sistemas convencional y orgánico. Se seleccionaron los racimos con frutos en estado de madurez 3 (*turning*), de acuerdo al índice de color de la USDA (USDA, 1991). Los frutos se almacenaron por 24 h a 12 °C para retirar el calor de campo. Los frutos seleccionados de cada sistema de producción (n = 45, por grupo) se pesaron individualmente y se almacenaron a 12 °C. La evaluación de la fisiología poscosecha se realizó a los días 0, 4, 8, 12 y 16 (n = 9/día/grupo) de almacenamiento continuo a 12 °C. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Evaluación de color

Se realizó la medición de color en tres puntos del diámetro ecuatorial de cada fruto, empleando un

espectrofotómetro de reflectancia Konica Minolta modelo 600d (Osaka, Japón). El valor de a* se registró para analizar el cambio de color rojo de los frutos de tomate durante los días de almacenamiento.

Evaluación de la pérdida de peso y firmeza

Los frutos se pesaron cada 4 días para determinar el porcentaje de pérdida de peso (%PP) mediante la siguiente fórmula:

$$\%PP = \frac{Wi - Wf}{Wi} * 100$$

Donde W_i es el peso inicial del fruto y W_f es el peso final en cada periodo de muestreo (Salas-Méndez et al., 2019).

La firmeza de los frutos se evaluó mediante pruebas de compresión empleando un texturómetro Brookfield CT3 (MA., EE.UU.). Cada tomate se colocó de tal forma que la sonda del texturómetro penetrara, de manera perpendicular, el eje longitudinal del fruto. Se empleó una sonda cilíndrica de acrílico de 50.8 mm de diámetro y 2 cm de altura, viajando a una velocidad de 1 $mm \cdot s^{-1}$; registrándose la fuerza necesaria hasta alcanzar una deformación en la altura de la muestra del 10 %. Los resultados de firmeza se expresaron en Newtons (N).

Análisis estadístico

El diseño experimental consistió de un solo factor (sistema de cultivo) con dos tratamientos, sistema de producción convencional y orgánico. Las variables respuesta se midieron por triplicado. Los datos fueron evaluados por un ANOVA, y cuando se registraron diferencias significativas, se realizó una comparación de medias con la prueba *t* de student, con un valor de significancia $p < 0.05$. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa StatView 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de la fisiología poscosecha de frutos convencionales y orgánicos, reveló que al final del almacenamiento a 12 °C (16 días), no se observaron diferencias ($p > 0.05$) en la evolución del color rojo, expresado como índice a* (**Fig. 1 y 2**). Al día 8 de almacenamiento se observó mayor ($p < 0.05$) índice de color rojo en los frutos orgánicos, lo que sugiere un aumento en la tasa de maduración del fruto (Salas-Méndez et al., 2019). Estos resultados contrastan con las observaciones de color reportadas para el cultivar *Vesuvian Piennolo* (Caruso et al., 2019); sugiriendo que los tomates orgánicos poseen menor índice de color rojo. Hasta nuestro mejor conocimiento, este es el primer reporte de la evolución del color de tomates cosechados en sistemas hidropónicos convencionales y orgánicos, durante su almacenamiento poscosecha.

La pérdida fisiológica de peso durante el almacenamiento de los frutos, es consecuencia de la disminución en el contenido de agua, debido al proceso de transpiración de los frutos (Salas-Méndez et al., 2019). Este parámetro es considerado uno de los principales indicadores para evaluar la calidad comercial de los frutos de tomate (Salas-Méndez et al., 2019). El presente trabajo reveló que al día 16 de almacenamiento, los tomates orgánicos perdieron 2.5 veces más peso ($p < 0.05$) que los frutos del sistema convencional (**Fig. 3A**). Frutos con pérdidas de peso >5% se consideran de calidad comercial no aceptable (Salas-Méndez et al., 2019). Basado en este parámetro comercial, la vida de anaquel estimada de los tomates orgánicos cv. *Merlice*, fue de 16 días, a partir de la cosecha de los frutos en estado de madurez 3 (*turning*).

La firmeza de los frutos de tomate disminuye durante el almacenamiento poscosecha, condición asociada al aumento de la pérdida de peso (Salas-Méndez et al., 2019). Esta condición se observó al final del periodo de almacenamiento (16 días); el tomate convencional tuvo una disminución, en promedio, del 27% en la firmeza; mientras que, en los tomates orgánicos, la firmeza disminuyó, en promedio, 48% (**Fig. 3B**). Estos resultados indican que los tomates producidos en el sistema orgánico poseen una menor vida de anaquel.

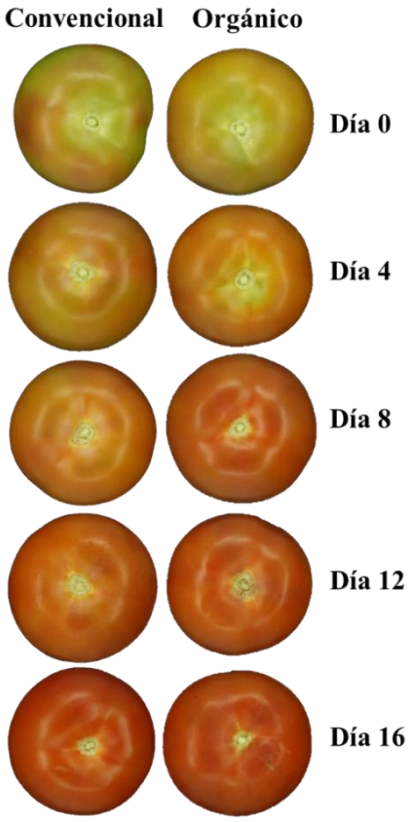


Figura 1. Apariencia visual de tomates cv. *Merlice*. Frutos cosechados de los sistemas hidropónicos convencional y orgánico, durante el almacenamiento poscosecha durante 16 días a 12 °C.

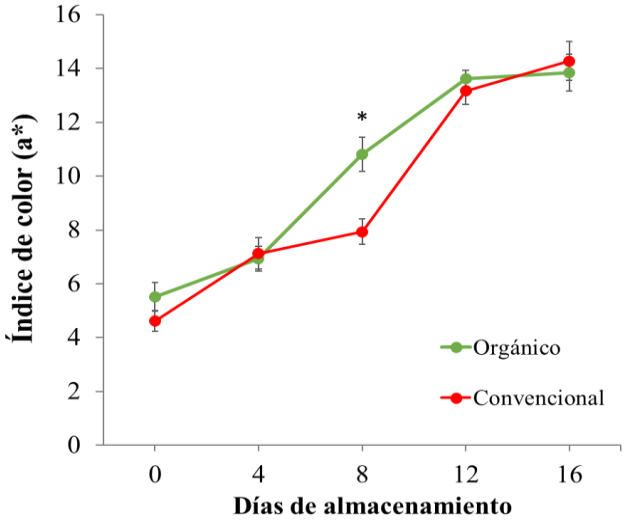


Figura 2. Evolución del color (a*) durante el almacenamiento poscosecha de tomate hidropónico orgánico y convencional. Los datos se presentan como medias ± error estándar (n = 9/día/grupo). El asterisco (*) indica diferencias significativas: prueba *t* de student ($P < 0.05$).

La pérdida de peso y la disminución de la firmeza de los frutos durante el almacenamiento, están asociadas a un aumento en las tasas de respiración, transpiración y actividad de enzimas de degradación de pared celular (Salas-Méndez et al., 2019). Estos procesos fisiológicos, están asociados con la respuesta a diferentes tipos de estrés; tales como déficit de nutrientes, de agua, ataque de fitopatógenos, y alta concentración de sales (Le Gall et al., 2015).

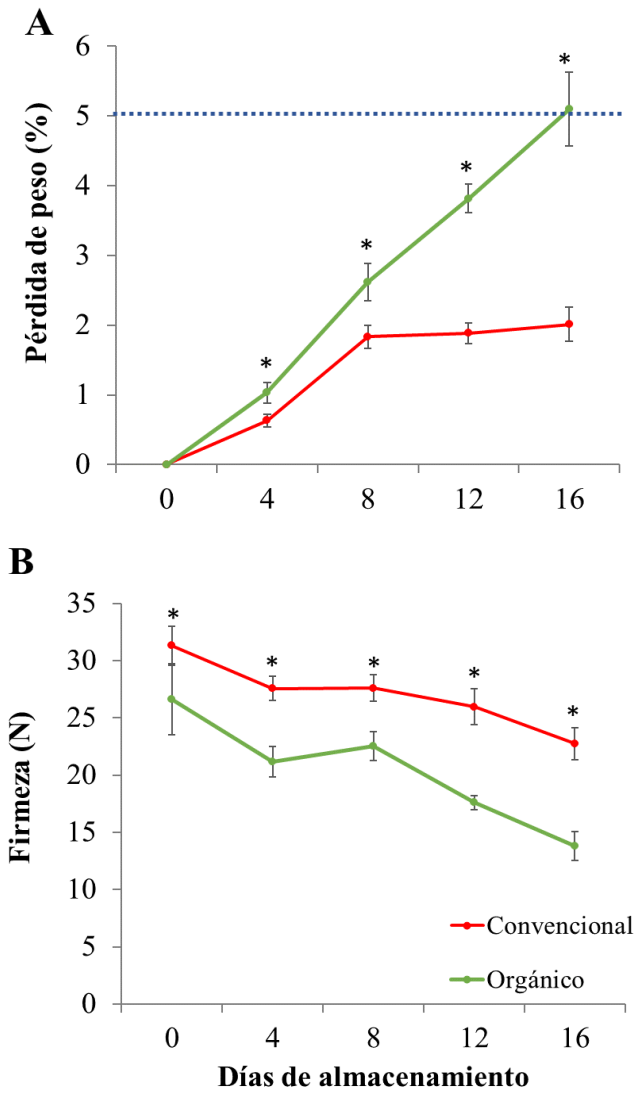


Figura 3. Evolución de la pérdida fisiológica de peso (3A) y disminución de la firmeza (3B) durante el almacenamiento de tomate orgánico y convencional. La línea punteada azul **(3A)** indica el valor de referencia (5% de pérdida de peso) correspondiente a calidad comercial no aceptable de los frutos. Los datos se presentan como medias ± error estándar (n = 9/día/grupo). Los asteriscos (*) indican diferencias significativas: prueba *t* de student ($p < 0.05$).

CONCLUSIÓN

Los estudios de calidad y fisiología poscosecha de frutos de tomate procedentes de invernaderos hidropónicos, revelaron que los tomates orgánicos pueden perder su valor comercial más rápidamente, y en consecuencia acortar su vida de anaquel. Estos resultados resaltan la necesidad de desarrollar estrategias pre y poscosecha para solucionar este problema en la producción de frutos de tomate en sistemas de producción hidropónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Mexicana de Horticultura Protegida AC (AMHPAC). (2018). *Agricultura Protegida en México*. Recuperado el 24 de octubre de 2021 de http://amhpac.org/2018/images/PDFoficial/HorticulturaenMexico.pdf

2. Araujo, J. C., & Telhado, S. F. P. (2015). Organic Food: A Comparative Study of the Effect of Tomato Cultivars and Cultivation Conditions on the Physico-Chemical Properties. *Foods*, *4*(3),263-270. https://doi.org/10.3390/foods4030263

3. Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E., Cuciniello, A., Cenvinzo, V., Bonini, P., & Rouphael, Y. (2019). Yield and Nutritional Quality of Vesuvian Piennolo Tomato PDO as Affected by Farming System and Biostimulant Application. *Agronomy*, *9*(9),505. https://doi.org/10.3390/agronomy9090505

4. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2015). *Productos Orgánicos en México.* Recuperado el 24 de octubre de 2021 de http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/97Productos%20orgánicos%20en%20México.pdf

5. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). (2019). Disponible en https://www.fao.org/faostat/es/#data/QC

6. Kapoulas, N., Ilić, Z. S., Đurovka, M., Trajković, R., & Milenković, L. (2011). Effect of organic and conventional production practices on nutritional value and antioxidant activity of tomatoes. *African Journal of Biotechnology*, *10*(71), 15938-15945. https://doi.org/10.5897/AJB11.984

7. Le Gall, H., Philippe, F., Domon, J.-M., Gillet, F., Pelloux, J., & Rayon, C. (2015). Cell Wall Metabolism in Response to Abiotic Stress. *Plants (Basel, Switzerland)*, *4*(1), 112-166. https://doi.org/10.3390/plants4010112

8. Mubarok, S., Farhah, F. F., Anas, Suwali, N., Kurnia, D., Kusumiyati, Suminar, E. & Ezura, H. (2019). Data on the yield and quality of organically hybrids of tropical tomato fruits at two stages of fruit maturation. *Data in Brief*, *25*, 104031. https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104031

9. Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F. J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martinez, J.-P., & Lutts, S. (2019). Tomato Fruit Development and Metabolism. *Frontiers in Plant Science*, *10*,1554. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01554

10. Ronga, D., Lovelli, S., Zaccardelli, M., Perrone, D., Ulrici, A., Francia, E., … Pecchioni, N. (2015). Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. *Scientia Horticulturae*, *190*,161-172. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.027

11. Salas-Méndez, E. de J., Vicente, A., Pinheiro, A. C., Ballesteros, L. F., Silva, P., Rodríguez-García, R. & Jasso de Rodríguez, D. (2019). Application of edible nanolaminate coatings with antimicrobial extract of *Flourensia cernua* to extend the shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *150*,19-27. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.12.008

12. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). *Panorama Agroalimentario 2020.* Recuperado el 24 de octubre de 2021 de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020

13. United States Department of Agriculture (USDA). (1991). *United States Standards for grades of fresh tomatoes.* Recuperado el 24 de octubre de 2021 de https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Tomato_Standard%5B1%5D.pdf

Evaluación de la inmunogenicidad de una vacuna contra la enfermedad hemorrágica viral del conejo

[a]Rocha-Solache M. (*mrocha02@alumnos.uaq.mx*)., [b]Hernández-Silva D.J. (*diego.hernandez@uaq.mx*)., [c]Pérez-De la Rosa Juan (*juan.perez@senasica.gob.mx*), [a]Gómez-Soto., J.G. (*jose.gomez@uaq.mx*), [b]Juan Mosqueda. (*joel.mosqueda@uaq.mx*).,

[a]Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Inmunología y Vacunas, Facultad de Ciencias Naturales.

[b]Laboratorio de Inmunología y Vacunas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

[c]Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

Resumen

La enfermedad hemorrágica viral de los conejos (EHVC) causada por el virus tipo 2 se presentó por primera vez en México en el 2020. Este virus no solo afecta al conejo europeo, sino también a las liebres, generando un peligro mayor para la cunicultura y el equilibrio de los ecosistemas del país. Se desarrolló una proteína quimérica recombinante basada en epítopos B y T de la proteína VP60 del virus de la enfermedad hemorrágica de los conejos tipo 2 la cual se expresó en un sistema bacteriano y se purificó mediante columnas de afinidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar la inmunogenicidad de esta vacuna, se probaron tres dosis de antígeno: 20, 40 y 60 ug de proteína emulsionada en adyuvante comercial. Se aplicaron dos dosis por vía subcutánea al día 0 y 21 y se tomaron muestras de suero los días: 0, 10, 21 y 31. Se realizó la determinación de anticuerpos a través de la prueba de ELISA indirecta. Los resultados demuestran que el antígeno vacunal es inmunogénico en conejos, generando anticuerpos específicos a partir de una segunda dosis vacunal, detectables a los 31 días post inmunización. No se observó diferencia estadística significativa (P<0.05) entre los tres tratamientos experimentales al día 31. Se sugieren nuevos ensayos para la evaluación de la inmunogenicidad y determinación de la dosis vacunal ideal.

Palabras clave: EHVC, vacuna, conejos.

Summary

The Rabbit Hemorrhagic Disease Type 2 (RHD 2) was presented for the first time in Mexico in 2020. This virus not only affects European rabbits, but also hares, generating a greater danger for rabbit farming and the balance of the country's ecosystems. A recombinant chimeric protein based on B- and T-cell epitopes of the VP60 protein of rabbit hemorrhagic disease virus type 2 was developed, expressed in a bacterial system and purified by affinity columns.

The objective of this work was to evaluate the immunogenicity and safety of this vaccine. Three doses of antigen were tested: 20, 40 and 60 ug of protein emulsified in commercial adjuvant. Two doses were administered subcutaneously on days 0 and 21, and serum samples were taken on days 0, 10, 21 and 31. The results show that the vaccine antigen is immunogenic in rabbits, generating specific antibodies from a second vaccine dose, detectable 31 days after immunization. No statistically significant difference (P <0.05) was observed between the experimental treatments Tx2, 3 and 4 at day 31. More tests are suggested for the evaluation of immunogenicity and determination of the ideal vaccine dose.

Key words: RHD, vaccine, rabbits.

Introducción

La cunicultura se ha vuelto una actividad pecuaria económicamente favorable dentro del sector rural de nuestro país debido al aporte nutricional que brinda la carne de conejo, así como la facilidad de su manejo, alimentación, producción y aprovechamiento de la piel y el pelo, siendo una estrategia sustentable para el combate contra la desnutrición que aqueja a sectores de bajos recursos (SAGARPA, 2015). La

mayor producción cunícola en México se concentra en granjas de traspatio (80% de la producción total), un 15% en granjas semitecnificadas y únicamente el 5% se encuentra en granjas tecnificadas. México ocupa el vigésimo lugar en producción de conejo, con aproximadamente 15 mil toneladas al año (Sistema Producto Cunícola del Distrito Federal, 2012). Aunado a la importancia económica y cultural de la cunicultura, México cuenta con una gran cantidad de especies de conejos y liebres silvestres que forman parte importante de las cadenas alimenticias y en el mantenimiento del equilibrio en los ecosistemas. Actualmente podemos encontrar 10 especies de conejos y 4 de liebres en nuestro país, de las cuales 6 especies de conejos y 1 de liebre son endémicas, por lo que México es reconocido como el país que alberga la mayor diversidad de estos animales (Fernández, *et al*., 2015; Martínez, *et al*., 2016; Romero y Cervantes, s.f). En 1973, a nivel nacional se dio inicio a un programa para el fomento de la producción cunícola. Por consiguiente, la cunicultura presentó un auge importante dentro del territorio nacional. En el año 1988 el tráfico ilegal de canales de conejos provenientes de China y EUA ocasionó el primer brote de la Enfermedad Hemorrágica Viral del Conejo (EHVC), por lo que se estableció un plan de emergencia donde se aplicó matanza zoosanitaria a gran parte de la población cunícola del país, provocando que esta actividad pecuaria sufriera un retroceso importante (Sistema Producto Cunícola del Distrito Federal, 2012; SADER, 2020). Fue hasta el 14 de enero de 1993 cuando oficialmente se declara erradicada la EHVC en México (Diario Oficial de la Federación, 1993).

La EHVC, también conocida como septicemia vírica, Neumonía hemorrágica (China) o Hepatitis necrótica infecciosa, es una enfermedad aguda, altamente contagiosa y letal que se presenta en los conejos europeos (*Oryctolagus cuniculus*) causada por un calicivirus del género Lagovirus, conocido como Virus de la Enfermedad Hemorrágica del Conejo o VEHC (SADER, 2020; Kerr y Vella, 2012; Spickler, 2020). Este virus posee una sola proteína estructural principal, la proteína VP60 con un peso molecular aproximado de 60kd y es una de las proteínas más importantes como antígeno vacunal (Urakova, *et al*., 2015; Capilla, 2020). El virus se transmite por vía oral, nasal, conjuntival y parenteral. Los vectores como moscas, mosquitos, pulgas y los fómites son fuentes de infección. La signología que se puede apreciar en los animales varía de acuerdo a la presentación clínica, ya que puede ir desde muerte súbita hasta presentación de fiebre (hasta 42 °C), ictericia, epistaxis, dificultad respiratoria, ataxia y convulsiones. En los hallazgos a la necropsia se pueden observar necrosis hepática aguda y nefrosis (Neimanis et al., 2018). Por las características de la enfermedad, es de notificación obligatoria a nivel internacional (SADER, 2020; Kerr y Vella, 2012; Spickler, 2020). SADER (2020), menciona que se conoce únicamente un serotipo del virus y los análisis filogenéticos de cepas patogénicas del VEHC indican la existencia de tres grupos distintos: el VEHC clásico con los genogrupos G1–G5 aislados en 1984, la variante antigénica VEHCa / G6 identificada en 1996, y el VEHC2 identificado en Francia en 2010, el cual desde entonces se ha extendido por todo el mundo. Esta última variante da lugar a la Enfermedad Hemorrágica viral de los Conejos Tipo 2 (EHVC 2), la cual afecta tanto al conejo doméstico, como al silvestre y a la liebre, por lo que se considera un peligro importante tanto para la actividad cunícola como para el equilibrio de los ecosistemas de nuestro país (CPA, 2020).

El 9 de abril del 2020 la SENASICA reportó ante la OIE el primer caso confirmado de la EHVC 2. El caso fue reportado en el municipio de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Derivado de lo acontecido, el 26 de junio del 2020 se activó el Dispositivo Nacional de Emergencia de Sanidad Animal (DINESA), como herramienta para el control y erradicación de la enfermedad (Diario Oficial de la Federación, 2020). Actualmente, cuatro países del continente americano han reportado casos de la EHVC 2: Canadá, Estados Unidos, México y Cuba. En nuestro país, se han reportado casos en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Durango, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

Por todo lo anterior, en el Laboratorio de Inmunología y Vacunas se generó una proteína multiepitópica recombinante basada en péptidos que contienen epítopos B y T de la proteína VP60 del VEHC 2. Esta proteína fue expresada en un sistema bacteriano y purificada mediante cromatografía de afinidad por columnas de niquel.

El objetivo del presente trabajo fue el evaluar la inmunogenicidad de la vacuna contra la Enfermedad Hemorrágica Viral de los Conejos.

Metodología

1. Animales y alojamiento

Se utilizaron 28 conejos raza Nueva Zelanda de diez semanas de edad. 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), ubicado dentro de la Posta Zootécnica de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia en Amazcala, municipio de El Marqués, Querétaro. Los animales se encontraron alojados dentro de jaulas tipo americano de acero galvanizado, ubicadas a un metro del nivel del suelo. Se les brindó agua purificada por un sistema de filtros y luz UV a libre acceso y alimento comercial para conejo.

2. Tratamientos experimentales

Se distribuyeron de manera aleatoria 28 conejos en 4 tratamientos (Tx) experimentales: Tx 1) grupo control, Tx 2) inmunizado con 20 ug de proteína quimérica VHC, Tx 3) inmunizado con 40 ug de proteína quimérica VHC y Tx 4) inmunizado con 60 ug de proteína quimérica VHC, en donde cada grupo experimental contó con 7 individuos. Se colocaron dos conejos por jaula, siendo 4 jaulas por cada tratamiento. A cada conejo se le asignó un número de identificación, el cual se marcó con tinta indeleble en el pabellón auricular de cada oreja.

3. Elaboración de las dosis vacunales

La elaboración de las dosis vacunales y el análisis de los sueros se realizaron en el laboratorio de Inmunología y Vacunas de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en el campus Aeropuerto, Querétaro. Se elaboraron un total de 28 dosis vacunales, 7 por cada grupo experimental. Cada dosis se compuso por proteína quimérica de acuerdo a la concentración establecida para cada grupo (0, 20 40 y 60 ug), PBS estéril y adyuvante MONTANIDE ™ ISA 71, a excepción del grupo control, para el cual las dosis vacunales sólo contenían PBS estéril y adyuvante MONTANIDE ™ ISA 71. Las dosis fueron emulsificadas con sonicador durante 8 ciclos de 10 minutos cada uno. Durante los ciclos número 5 y 8 se analizó el tamaño de las micelas mediante microscopía en 100x aumentos, hasta que las micelas fueron menores a 5 micras y fueran uniformes. Cada dosis tuvo un volumen de 1 ml, las cuales fueron cargadas en jeringas de 3 ml con agujas de 22G.

4. Inmunización y obtención de muestras sanguíneas

Se aplicaron dos dosis vacunales, al día 0 y 21 del experimento. Las dosis se aplicaron de manera subcutánea, en la región del cuello. Una vez inmunizados, se monitorearon a los animales 24 y 48 hrs post-vacunación, obteniendo la temperatura corporal vía rectal y revisando el sitio de aplicación en busca de una reacción local. La toma de muestra sanguínea se efectuó al día 0, 10, 21 y 31 mediante la punción de la arteria central auricular con agujas 22G. La sangre fue colectada en tubos vacutainer para la posterior extracción del suero por centrifugación a 1600 rpm por 10 minutos. Los sueros se conservaron a -15°C hasta su uso.

5. Titulación de la proteína quimérica mediante ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA indirecto)

Se realizó la técnica de ELISA indirecta para la titulación de la proteína quimérica. El protocolo utilizado para la elaboración de las ELISAS fue el siguiente: La proteína quimérica se evaluó a diferentes concentraciones: 8.0, 4.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 y 0.125 ug/ml empleando solución amortiguadora de carbonatos, pH 9.6. Se colocaron 100 ul por pozo y se incubó por 24 horas a 4 °C. Se realizaron tres lavados utilizando solución de lavado colocando 200 ug por pozo. Se bloquearon las placas utilizando leche al 5% en PBS-T 1x, colocando 200 ul por pozo e incubando por 1 hora a 37C a 200 rpm de agitación. Se realizaron

tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se bloquearon las placas utilizando leche al 5% en PBS-T 1x, colocando 200 ul por pozo e incubando por 1 hora a 37 °C a 200 rpm de agitación. Nuevamente se realizaron tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se realizaron diluciones de sueros del día 0 y 31 post inmunización, los cuales se colocaron por triplicado con 100 ul por pozo y se incubaron por 1 hora a 37 °C a 200 rpm de agitación. Se realizaron tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se agregó a la placa el anticuerpo secundario (anticuerpo anti-IgG de conejo conjugado con peroxidasa de rábano), el cual fue preparado en una dilución 1:6000 y colocando 100 ul por pozo. Se incubó por 1 hora a 37C a 200 rpm de agitación. Se realizaron tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se colocaron 100 ul de solución de revelado por pozo y se leyó la placa en un espectrofotómetro a los 15, 20, 25 y 30 minutos de haberse agregado la solución de revelado. Se realizó la lectura de los resultados en un lector de placas a una longitud de onda de 450 nm. El análisis estadístico (prueba *t* de Student con $\alpha = 0.05$) y la elaboración de las gráficas se realizaron en el software GraphPad Prism®.

6. Determinación de anticuerpos mediante ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA indirecta)

Para la determinación de anticuerpos se realizó la técnica de ELISA indirecta utilizando placas de poliestireno de 96 pozos. La evaluación del suero de cada individuo se realizó por triplicado. El protocolo utilizado para la elaboración de las ELISAS fue el siguiente: Las placas se tamizaron con la concentración ideal de proteína quimérica determinada anteriormente, disuelta en solución amortiguadora de carbonatos, pH 9.6 utilizando 100 ul por pozo. Se incubaron por 24 horas a 4C. Se realizaron tres lavados utilizando solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se bloquearon las placas utilizando leche al 5% en PBS-T 1x, colocando 200 ul por pozo e incubando por 1 hora a 37 °C a 200 rpm de agitación. Nuevamente se realizaron tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se realizaron las diluciones de los sueros en una concentración 1:1000. Se colocaron dichas diluciones por triplicado en la placa utilizando 100 ul por pozo y se incubaron por 1 hora a 37°C a 200 rpm de agitación. Se realizaron tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se agregó a la placa el anticuerpo secundario (anticuerpo anti IgG de conejo unido a peroxidasa), el cual fue preparado en una dilución 1:6000 y colocando 100 ul por pozo. Se incubó por 1 hora a 37 °C a 200 rpm de agitación. Se realizaron tres lavados con solución de lavado colocando 200 ul por pozo. Se colocaron 100 ul de solución de revelado por pozo y se leyó la placa de acuerdo al tiempo obtenido gracias a la titulación. Se realizó la lectura de los resultados en un lector de placas a una longitud de onda de 450 nm. El análisis estadístico (prueba *t* de Student con $\alpha = 0.05$) y la elaboración de las gráficas se realizaron en el software GraphPad Prism®.

Resultados

1. Determinación de la concentración del antígeno para los ensayos de ELISA

El análisis de las lecturas a los diferentes tiempos (10, 15, 20, 25 y 30 minutos) y de las diferentes concentraciones del antígeno (8.0, 4.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 y 0.125 ug/ml) indicó que el tiempo de lectura y concentración del antígeno óptimos corresponden a los 20 minutos a 2 ug/ml, respectivamente. De aquí en adelante, todos los experimentos fueron realizados con estas características (Figura 1).

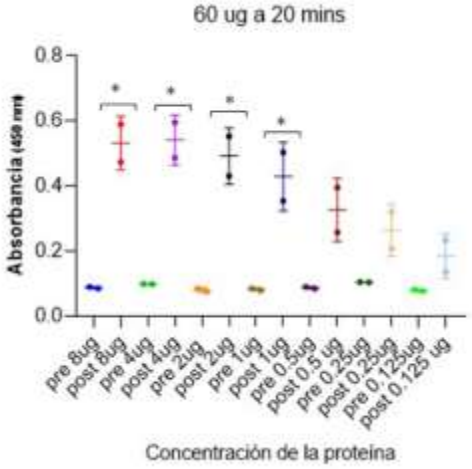


Figura 1. Titulación de la proteína quimérica a diferentes concentraciones (8.0, 4.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 y 0.125 ug/ml), utilizando sueros pre inmunización o día 0 (pre) y post inmunización del día 31 (post). Se muestran los datos del Tx 4 (60 ug) en la lectura a los 20 minutos. Los asteriscos (*) indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

2. Inmunogenicidad

La evaluación de la producción de anticuerpos en contra de la proteína quimérica mostró que la vacuna genera anticuerpos específicos a partir de una segunda dosis vacunal, visible a los 31 días post inmunización (Figura 2). No se observó diferencia estadística significativa ($P<0.05$) entre los grupos al día 31 (Figura 3).

Si bien algunos individuos de cada tratamiento experimental desarrollaron una respuesta inmune humoral específica contra la proteína quimérica utilizada como antígeno vacunal, no todos tuvieron la misma respuesta (Figura 2).

Discusión y conclusiones

Ensayos de vacunación en conejos realizados en otros estudios han detectado anticuerpos entre la segunda y la tercera semana post inmunización (Cheng, *et al*., 2013; Bárcena, *et al*., 2000; Mikschofsky, *et al*., 2009; Salmons, *et al*., 2018), al igual que los resultados obtenidos en este estudio.

La administración de una segunda dosis vacunal potencia la respuesta inmune, como se ha observado en otros ensayos de vacunación en conejos (Cheng, *et al*., 2013; Mikschofsky, *et al*., 2009; Park, *et al*., 2019), siendo resultados similares a los observados en el presente trabajo.

Como se observa en la figura 2, no todos los individuos dentro de los tratamientos experimentales 2, 3 y 4 desarrollaron altos títulos de anticuerpos específicos después de las dos inmunizaciones. Wiedermann, (*et al*., 2016) y la OPS (2021), mencionan que existen factores relacionados con la vacuna (antígeno en cantidad y calidad inadecuados, rompimiento de la cadena fría) y con el hospedador (factores genéticos, edad, estado de salud) que interfieren con la calidad y efectividad de una vacuna y la respuesta inmunitaria de los individuos, por los que dichos elementos deberán ser considerados en los próximos ensayos de vacunación.

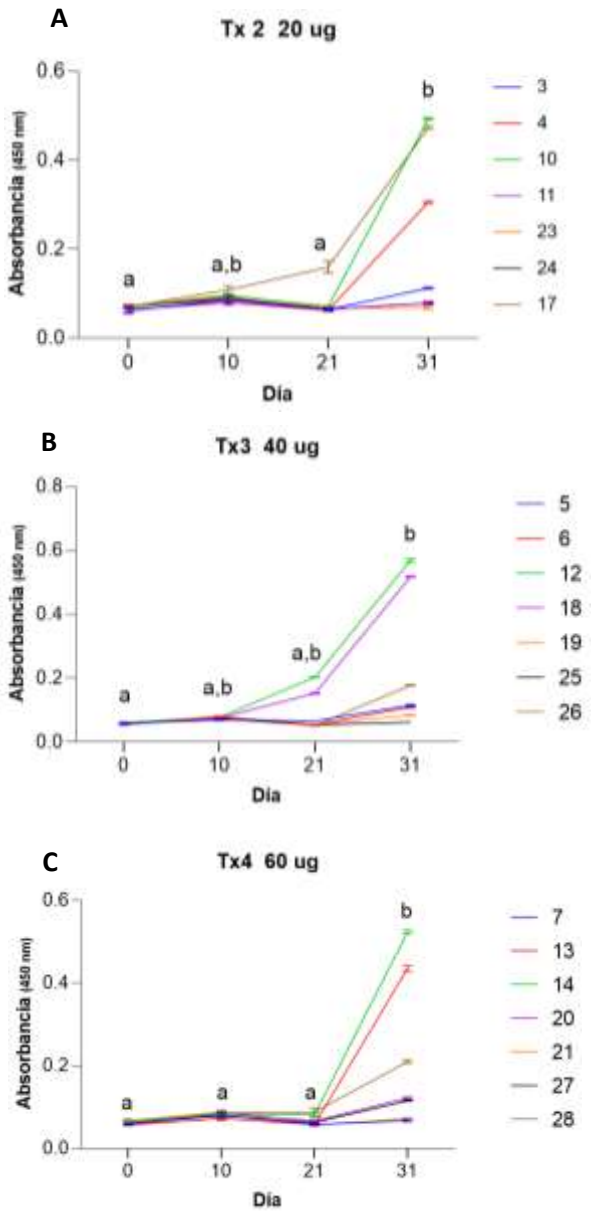


Figura 2. Determinación de anticuerpos por tratamiento (Tx) experimental. Las barras indican la desviación estándar de tres repeticiones de cada individuo. a-b Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$). A. Tratamiento experimental 2 (20 ug). B. Tratamiento experimental 3 (40 ug). C. Tratamiento experimental 4 (60 ug).

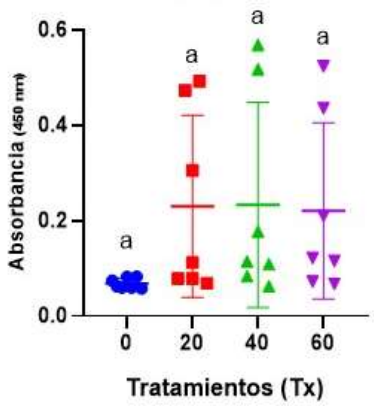


Figura 3. Determinación de anticuerpos por tratamiento (Tx) experimental al día 31 post inmunización. a-b Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Referencias bibliográficas

CPA. (2020). *AVISE 03.* Voletín digital de la Comisión México Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales. Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales.

SADER. (2020). *Plan de Emergencia para la Atención de un Brote de la Enfermedad Hemorrágica Viral del Conejo en los Estados Unidos Mexicanos.* Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

SAGARPA. (2015). *Manual de buenas prácticas de producción de carne de conejo*. Primera Edición. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)

Bárcena, J., Morales, M., Vázquez, B., Boga, J. A., Parra, F., Lucientes, J., Pagès-Manté, A., Sánchez-Vizcaíno, J. M., Blasco, R., & Torres, J. M. (2000). *Horizontal transmissible protection against myxomatosis and rabbit hemorrhagic disease by using a recombinant myxoma virus*. Journal of virology, 74(3), 1114–1123. https://doi.org/10.1128/jvi.74.3.1114-1123.2000

Capilla, C. (2020). *Enfermedad Vírica Hemorrágica Viral del Conejo: Revisión.* CuniNews. junio, 2020.

Cheng, Y., Chen, Z., Li, C., Meng, C., Wu, R., & Liu, G. (2013). *Protective immune responses in rabbits induced by a suicidal DNA vaccine of the VP60 gene of rabbit hemorrhagic disease virus.* Antiviral Research, 97(3), 227–231. doi: 10.1016/j.antiviral.2012.12.0

De la Sota, Marcelo Daniel. (2005*). Manual de Procedimientos: Recolección y Envío de Muestras.* Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria 3: 1–31. http://www.intranet.senasa.gov.ar/intranet/imagenes/archivos/dnsa/manuales_de_procedimiento/03 Reco Muestras.pdf.

DOF. (1993*). ACUERDO por el que se declara el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, libre de la enfermedad hemorrágica viral de los conejos*. Diario Oficial de la Federación.

DOF. (2020). *ACUERDO mediante el cual se activa, integra y opera el Dispositivo Nacional de Emergencia de Sanidad Animal (DINESA), para el control y en su caso, erradicación de la enfermedad hemorrágica viral de los conejos, tipo 2 (EHVC2) en los estados de Chihuahua y Sonora, así como para prevenir su diseminación dentro del territorio nacional, y en caso de que se detecte o se tenga evidencia científica de la presencia o inminente diseminación de la enfermedad en otros estados del territorio nacional, extender su aplicación paulatina, parcial o total a las 8 regiones contempladas en el artículo 134 del Reglamento de la Ley Federal de Sanidad Animal.* Diario Oficial de la Federación

Fernández, J., F. Cisneros., F, Cervantes., A. Melgoza. (2015*). Conejos y liebres silvestres de México*. Biodiversitas.

Kerr, P., & Vella, D. (2012). *Rabbits: Hemorrhagic Disease*. Clinical Veterinary Advisor: Birds and Exotic Pets, 381–382. https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-3969-3.00169-4

Martínez Caldera, J., Palacio-Nuñuez, J., Martínez-Montoya J. F., Clemente-Sánchez F., Sanchez-Rojas, G., & Olmos-Oropeza, G. (2016). *Abundancia relativa y distribución de lagomorfos en el centro-norte de México*. Agroproductividad, 9, 67–72.

Mikschofsky, H., Schirrmeier, H., Keil, G. M., Lange, B., Polowick, P. L., Keller, W., & Broer, I. (2009). *Pea-derived vaccines demonstrate high immunogenicity and protection in rabbits against rabbit haemorrhagic disease virus*. Plant Biotechnology Journal, 7(6), 537–549. doi:10.1111/j.1467-7652.2009.00422.x

Neimanis, A., Larsson Pettersson, U., Huang, N., Gavier-Widén, D., & Strive, T. (2018). *Elucidation of the pathology and tissue distribution of Lagovirus europaeus GI.2/RHDV2 (rabbit haemorrhagic disease virus 2) in young and adult rabbits (Oryctolagus cuniculus).* Veterinary Research, 49(1). https://doi.org/10.1186/s13567-018-0540-z

Park, B.-J., Ahn, H.-S., Han, S.-H., Go, H.-J., Lee, J.-B., Park, S.-Y., Choi, I.-S. (2019*). Evaluation of the protective effects of a nanogel-based vaccine against rabbit hepatitis E virus. Vaccine.* doi:10.1016/j.vaccine.2019.08.029

Romero, P.A., F.A. Cervantes. (s.f). *Los conejos y liebres silvestres orgullosamente mexicanos.* Especies*:* Revista sobre conservación y diversidad. Naturalia.

Salmons, B., Lim, P.-Y., Djurup, R., & Cardosa, J. (2018). *Non-clinical safety assessment of repeated intramuscular administration of an EV-A71 VLP vaccine in rabbits.* Vaccine. doi:10.1016/j.vaccine.2018.09.062

Sistema productivo cunícola del Distrito Federal, (2012). *Plan Rector Sistema Producto Cunícola del Distrito Federal, México.* Consultado el 23 de enero del 2020. Disponible en: http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PR-ODUCTO%20CUNICOLA%20DF/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_CUNICOLA_DF_2012.pdf

Spickler, A. R. (2020). *Rabbit Hemorrhagic Disease and Other Lagoviruses Rabbit Hemorrhagic Disease*. Rabbit Hemorrhagic Disease and Other Lagoviruses, 1–10. http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/rabbit_hemorrhagic_disease.pdf

Urakova, N., Frese, M., Hall, R. N., Liu, J., Matthaei, M., & Strive, T. (2015*). Expression and partial characterisation of rabbit haemorrhagic disease virus non-structural proteins.* Virology, 484, 69–79. doi: 10.1016/j.virol.2015.05.004

Wiedermann, U., Garner-Spitzer, E., & Wagner, A. (2016). *Primary vaccine failure to routine vaccines: Why and what to do?.* Human vaccines & immunotherapeutics, 12(1), 239–243. https://doi.org/10.1080/21645515.2015.1093263

Evaluación de la semilla de aguacate para su aprovechamiento como ingrediente.

Sánchez-Quezada V., Gaytán-Martínez M., Campos-Vega R., & Loarca-Piña F.

Resumen

México es el principal productor de aguacate (*Persea americana* Mill) a nivel mundial. El guacamole y aceite son los principales productos agroindustriales, sin embargo, se generan grandes cantidades de subproductos como: la semilla y la cáscara que representa aproximadamente 30 % del peso total del fruto. Por lo que el uso de estrategias como la economía circular abre alternativas en el uso de la semilla, que puede aprovecharse para el desarrollo de ingredientes nutraceúticos debido a su alta cantidad de compuestos bioactivos. El objetivo de este trabajo fue correlacionar las propiedades químicas y fisicoquímicas de la semilla con el grado de maduración del fruto de aguacate; así como evaluar las características nutraceúticas de diferentes fracciones de la semilla utilizando tecnologías emergentes para desarrollar un pre-ingrediente con potencial nutraceútico. Para cumplir con lo anterior se evaluó firmeza, color, dureza y humedad de las diferentes partes del fruto; se aplicaron varias tecnologías (soxhlet, ultrasonido y extrusión) para obtener la fracción rica en compuestos fenólicos y lipídica. Se evaluó la capacidad antioxidante por DPPH*, óxido nítrico, fenoles y flavonoides totales, se aplicó la NMX-F-052-SCFI-2008 para aceites, se desarrolló el ingrediente previo evaluándose su estabilidad. Se encontró una correlación directamente proporcional con la madurez del fruto y las características químicas y nutraceúticas de los extractos de la semilla de aguacate. El ultrasonido mostró mayor capacidad antioxidante utilizándose para desarrollar el ingrediente previo. Estos resultados sugieren el aprovechamiento de la semilla para usos en la industria alimenticia, cosmética o farmacéutica.

Palabras claves: Aguacate; semilla; subproductos; nuevos ingredientes.

Abstract

Mexico is the leading producer of avocado (*Persea Americana* Mill) worldwide, the guacamole and oil are the principal agro-industrial. Generates large amounts of byproducts such as seed and peel to result in 30% of lost the total weight of the fruit. Using strategies such as the circular bioeconomy opens up alternatives in the use mainly of the seed to develop alternatives such as bioactive compounds. The objective of this work was to correlate the chemical and physicochemical properties of the avocado seed and fruit, evaluate the nutraceutical characteristics of different fractions of the seed, using emerging technologies to develop a previous ingredient with nutraceutical potential. The firmness, color, hardness, and moisture of the different parts of the fruit were evaluated. The phenolic fraction and lipids were obtained with different technologies (soxhlet, ultrasound, and extrusion). The antioxidant capacity was evaluated by DPPH*, nitric oxide, phenols, and total flavonoids, the NMX-F-052-SCFI-2008 for oils was applied, the pre-ingredient was developed to evaluate its stability. A directly proportional correlation was found between the ripeness of the fruit and the chemical and nutraceutical characteristics of the avocado seed extracts. Ultrasound showed the most antioxidant capacity, being used to develop the pre-ingredient. These results suggest using the seed in the food, cosmetic or pharmaceutical industry.

Key words: Avocado; seed avocado; byproducts; new ingredients.

Introducción

México es el principal exportador de aguacate a nivel mundial con un 54.10%; solo en 2019 se cosecharon 2.84 millones de toneladas del fruto, siendo la variedad Hass la más demandada (SAGARPA, 2020). El aguacate es una fruta climatérica cuyo proceso de maduración se caracteriza por el aumento en la producción de etileno y en la tasa de respiración, así como ablandamiento del mesocarpio y en el caso

específico de la variedad Hass el cambio de coloración en la piel de verde a café oscuro (Liu *et al*., 2021). Una calidad específica y para tener el procesamiento estandarizado se requiere la medición del color, así como otros parámetros fisicoquímicos del fruto como la dureza, firmeza y humedad. Por otra parte, el aguacate de manera industrial se procesa para la elaboración del guacamole y el aceite, siendo éstos los principales productos industrializados (SAGARPA, 2020). Esta industria genera cantidades importantes de subproductos subutilizados que, si no se gestionan adecuadamente, pueden provocar graves problemas en el medio ambiente (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2021). Sin embargo, los subproductos son una fuente interesante y más barata de ingredientes potencialmente funcionales dando un valor agregado (funcionalidad y bioactividad) y que a su vez contribuyen a reducir los desperdicios y llevar a una estrategia de bioeconomía que busca generar los mínimos residuos (Figueroa *et al.*, 2018). La semilla es el principal subproducto del procesamiento del aguacate, ya que representa del 16 al 22 % del peso de la fruta. Adicionalmente, se ha reportado la composición química de la semilla destacando un 2.25 % de cenizas, 8.35 % de proteína, 15.83 % grasas, 29.66 % de carbohidratos, y 14. 9% de humedad, así como de fibra cruda 3.76 %, vitamina A 200.23 µg/100g, vitamina C 2.76 mg/100g, además de pequeñas cantidades de fitoeteroles, triterpenos entre otros, así mismo presentando un color naranja intenso (Figueroa *et al.*, 2018), a pesar de ello no se ha encontrado evidencias de un uso comercial o industrial. Lo anterior sugiere un potencial biológico que puede ser explorado para el desarrollo de un ingrediente con un valor agregado que puede contribuir a contrarrestar las perdidas industriales.

Es por ello, que la búsqueda de innovar y desarrollar ingredientes nutracéutico, el objetivo de este trabajo fue correlacionar las características fisicoquímicas del fruto de aguacate con las características químicas, fisicoquímicas y nutraceúticas de la semilla con el fin de facilitar uso y aprovechamiento directo de la semilla en el fruto, así como aplicar diferentes tecnologías tanto convencionales y emergentes para extraer los compuestos nutracéuticos y diseñar con base a los resultados un pre-ingrediente con un posible efecto nutracéutico.

Metodología

Color. Se usó un colorímetro portátil (MubuScan, HunterLab), se midieron los valores CIELAB: L*, a* y b*. La prueba se realizó por triplicado de cada muestra (No. 90 total), posteriormente se sacó el ángulo de tono (Hue°), con el programa MATLAB (https://la.mathworks.com/).

Dureza y firmeza. La dureza se realizó con muestras con diferentes niveles de madurez y a temperatura ambiente. Se utilizó un texturometro (Texture Analyer; Brookfield CT3), una sonda modelo TA11/1000 (8 mm de diámetro), 10 g de carga en la celda, velocidad de 2.0 mm/seg, deformación de 50 %, con dos contadores de ciclo y tiempo de recuperación de 5seg. La firmeza de los frutos se evaluará de acuerdo a la siguiente escala de dureza: “Maduro pasado”, suave (0-50 N); “Maduro y listo para comer”, medio (51-110 N); Maduro firme, medio duro (111-150 N); “Inmadura”, duro (151-300 N) de acuerdo a lo reportado por Gwanpua *et al.* (2018).

Humedad. Se llevó acabo de acuerdo el método 925.09B de la AOAC (1990).

Procesamiento de la semilla. Se separó del resto del fruto, posteriormente se llevó a un secado convencional al horno. Las semillas se molieron para obtener una harina de semilla de aguacate (HSA). Se realizaron diferentes extractos con 1 gramo de HSA y 10 mL de solvente (metanol, etanol, metanol:agua (1:1 v/v).y etanol:agua (1:1 v/v).

Fenoles totales. Se colocaron 30 µL de cada uno de los extractos y se adicionaron 30 µL el reactivo de Folin-Ciocalteu (1:1 v/v), se incubó a 40 °C con agitación y aislado de la luz por 2 minutos, posteriormente la reacción se neutralizó con 240 µL de $NaCO_3$ al 7%, se incubó a las mismas condiciones. La reacción se leyó en un espectrofotómetro (UV-visible) a 765 nm (multimodo Synergy HT). Los resultados se expresan como mg equivalentes de ácido gálico por gramos de muestra (Singleton & Rossi, 1965).

DPPH*. En una microplaca se añadieron 20 µL de cada extracto y 200 µL de solución DPPH*. Se tomó la lectura a 0, 10, 30, 60 y 90 minutos un espectrofotómetro (UV-visible) a 560 nm (multimodo Synergy HT) (Fukumoto & Mazza, 2000). Los resultados se expresan como µg equivalentes de trolox por gramo de muestra.

Flavonoides totales. De las muestras y/o curva se tomaron 50 µL, se adicionaron a cada pozo además 180 µL de metanol (98 %) y 20 µL de 2-aminoetil borato (1 %), se leyó a 404 nm (multimodo Synergy HT) (Zhishen *et al.*, 1999). Los resultados se expresan como mg equivalentes de rutina por gramo de muestra.

Taninos condensados. Se tomó 50 µL de los extractos y se colocaron en los pozos de la microplaca trasparente de 90 pozos, se adicionaron 200 µL de la solución de vainillina (0.5 %: 1% vainillina y 8 % de HCl (1:1 metanol)), se almacenó la microplaca a 30°C por 20 min. Se realizó la lectura a 492 nm en un lector de placas (multimodo Synergy HT) (Deshpande & Cheyra, 1987). Los resultados se expresan como mg equivalentes a (+)–catequinas en gramos de muestra.

Óxido nítrico. Las muestras se analizaron por el método de Amaya-Cruz *et al.* (2015). Los resultados fueron expresados como el porcentaje de inhibición.

Extracción del aceite. ***Extrusión***. Se utilizó un extrusor de tornillo simple, se utilizó un diseño factorial cambiando el tipo de tornillo (tornillo con cabeza plastificadora y tornillo de usos generales), el tratamiento de la muestra, y la humedad (30, 40 y 50 %). La muestra se alimentó a través del tornillo, a temperatura ambiente.
Solvente. medio de la técnica de extracción por soxhlet, por extracción continua de 3 diferentes solventes.
Ultrasonido. La HSA fue sonicada en un baño de ultrasonido Branson 40 Khz por diferente tiempo.

Calidad del aceite. Se evaluó de acuerdo a lo reportado por NMX-F-052-SCFI-2008.

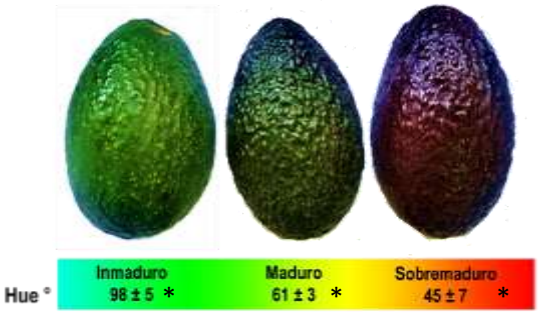
Pre-ingrediente. Se obtuvo mezclando las diferentes fracciones seleccionadas a proporciones diferentes (Prueba-error).

Análisis estadístico. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar (DE) y las diferencias estadísticas se determinaron mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las correlaciones entre los parámetros se determinaron mediante la prueba REML y muestran el coeficiente de Spearman (r). Todos los análisis estadísticos se realizaron con JMP versión 8.0.

Resultados

La Figura 1-A describen los promedios del ángulo Hue en cáscara alta, la cáscara media y la cáscara baja a temperatura ambiente (25 ± 2 °C); se observan los cambios de color al incrementar la madurez, siendo estadísticamente significativos.

A)



B)

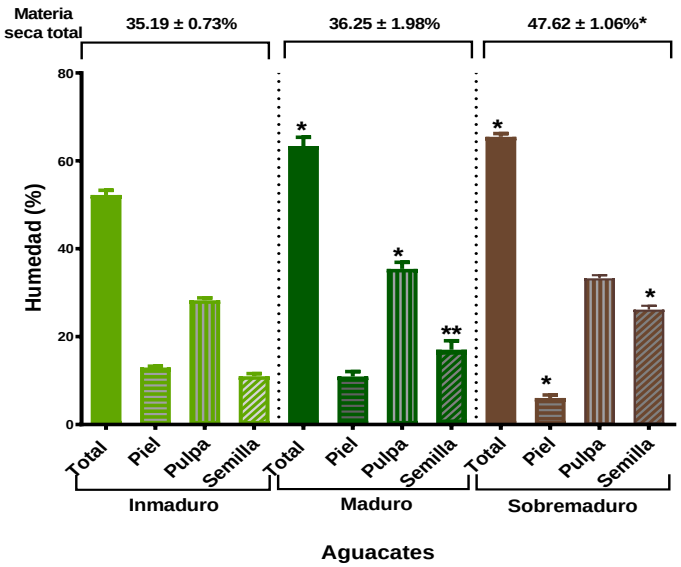


Figura 1 Caracteristicas fisicoquimicas del fruto en diferentes estadíos de madurez. A) Angulo Hue de la cascara de los frutos de aguacate a diferente madurez. B) Porcentaje de humedad y de peso

seco del fruto de aguacate. *, indica diferencias significativa por la prueba de tukey ($p \leq 0.05$).

La humedad del fruto completo y en las diferentes partes del fruto (cascara, pulpa y hueso) se muestran en la Figura 1-B. Se observa diferencia estadística en cascara y semilla, disminuyendo en la cascara, mientras que en la semilla aumenta el contenido de humedad con forme incrementa la maduración. Por otra parte, no se muestra diferencias en el peso seco en los primeros estadios, mientras que en el sobremaduro o tardío se ve un incremento, lo cual se debe a la pérdida de humedad en la pulpa y ganancia de solutos.

Posteriormente se evaluó y se correlacionaron los parámetros de humedad, firmeza y madurez del fruto total con la capacida antioxidante por DPPH*, fenoles y flavonoides totales en la semilla (Extracto metanólico) ver Figura 2-A. Se presentó una relación de la madurez con la firmeza (negativa), mientras se relaciona de forma positiva con el DPPH*, adicional a ello los flavonoides totales son los únicos con diferencias singificativa.

De acuerdo con la relación de *p*-spearman donde valores negativos indican valores absolutos (uno aumenta y el otro disminuye) y los valores positivos una relación directa (aumentan los dos). Tanto los frutos se relacionan con su capacidad antioxidante y su madurez, así como de manera negativa con la firmeza y el porcentaje de humedad que aumenta conforme incrementa la madurez en la semilla.

Para obtener más información acerca de cuál madurez en el fruto es la adecuada para el aprovechamiento nutracéutico en la semilla, se determinó la relación entre el color total del fruto expresado como ángulo Hue y el contenido de fenoles totales en las semillas a diferentes estados de madurez (temprana, intermedia y tardía) (Figura 2-B). Donde se observa un comportamiento directamente relacionado con la madurez, al incrementar el parámetro del color (maduración) y el incremento en el contenido de fenoles totales teniendo diferencias significativas únicamente la relación en los frutos tempranos.

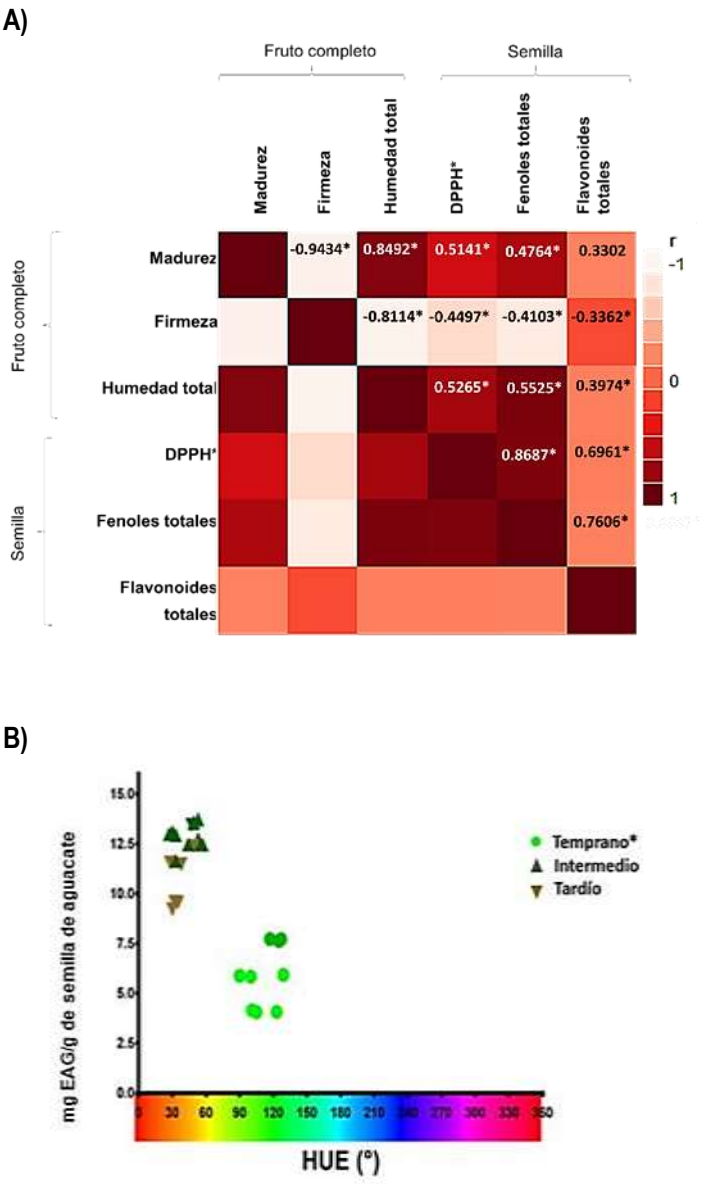


Figura 2 Correlación entre diferentes parámetros en el fruto y semilla de aguacate. A) Correlación de la composición fisicoquímica y humedad del fruto con capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en la semilla. B) correlación de compuestos fenólicos totales de la semilla y ángulo Hue de la cascara a diferentes estadios de madurez del fruto. *, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para continuar con el procesamiento de la semilla, se seleccionó la madurez tardía para procesarla de acuerdo con la metodología descrita. Se usaron dos secados: un convencional al horno y con extrusor. Los rendimientos y condiciones de la tecnología emergente se muestran en el Cuadro 1. Se observan los rendimientos más altos para el tipo de tornillo

continuo, y una humedad de 50 % variando únicamente el tipo de muestra. Sin embargo, entre ellas no se muestra diferencia significativa, la muestra fresca con 40 % humedad con tornillo continuo tampoco diferencias significativas. Por otra parte, se obtuvieron muestras las cuales no fueron detectadas (ND), lo que indica que no se logró extraer muestra, lo que indica que no fueron las condiciones adecuadas para el procesamiento. Para los rendimientos con el tornillo liso únicamente de obtuvieron un 27.6 % y 12.73 % con 50 % y 40 % de humedad, respectivamente, para muestras HSA, siendo un porcentaje muy bajo y no siendo apto para el procesamiento de la semilla.

Cuadro 1. Rendimiento del proceso de extrusión en la semilla de aguacate.

Tipo de tornillo	Muestra	Humedad (%)	Rendimiento (%)
Liso	HSA	30	ND
Liso	HSA	40	12.73 ± 1.83^{f}
Liso	HSA	50	27.64 ± 3.84^{e}
Liso	Fresco	30	ND
Liso	Fresco	40	ND
Liso	Fresco	50	ND
Continuo	HSA	30	65.96 ± 2.95^{d}
Continuo	HSA	40	81.59 ± 2.05^{c}
Continuo	HSA	50	96.47 ± 0.52^{a}
Continuo	Fresco	30	92.9 ± 0.81^{b}
Continuo	Fresco	40	94.23 ± 1.76^{ab}
Continuo	Fresco	50	97.01 ± 0.07^{a}

Los resultados se expresan en % ± DE de dos replicas independientes, las letras minúsculas representan diferencia estadística entre filas por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). HSA: Harina de semilla de aguacate secada a 60°C por 4 horas y tamizada a malla #40. ND: No detectado.

Una vez que se obtuvieron las harinas de semilla de aguacate por secado convencional, así como por extrusión se sometieron a diferentes metodologías para extraer el aceite contenido (soxhlet y ultrasonido) utilizando diferentes solventes (metano, éter de petróleo y hexano), los resultados se muestran en el Figura 3. Se observa que la extracción por soxhlet C con muestra convencional y con extrusión C lograron mayor concentración de lípidos con 13.15 y 13.21 %, así como rendimientos de 98.40 y 98.56 % respectivamente no presentando diferencias significativas. Mientras que ultrasonido 90 F y Soxhlet B no presenta diferencias estadísticas con ultrasonido 45 F, Soxhlet C y extrusión C, alcanzando porcentajes de extracción entre 12.10 a 12.88. Así mismo se observa menor porcentajes de extracción utilizando solventes de menor polaridad como el metanol y el éter de petróleo.

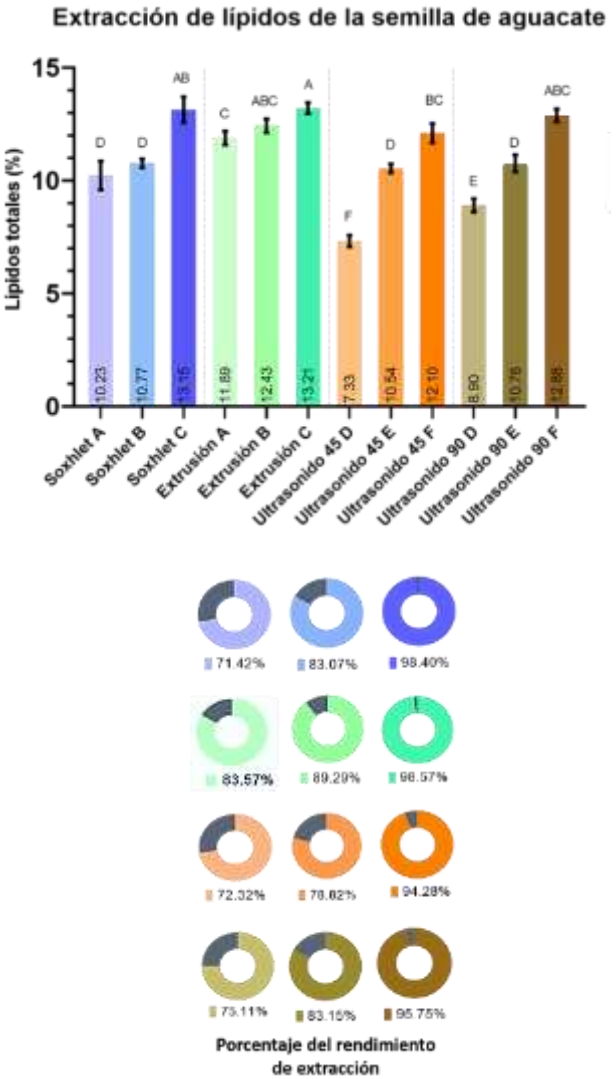


Figura 3 Porcentaje de extracción y rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de aguacate. Soxhlet A: HSA-metanol; Soxhlet B: HSA-éter de petróleo; Soxhlet C: HSA-hexano; Extrusión A: Soxhlet-metanol, Extrusión B: soxhlet-éter de petróleo, Extrusión C: soxhlet-hexano; Ultrasonido 45 D: HSA: hexano (1:2 p/v); Ultrasonido 45 E: HSA: hexano (1:4 p/v); Ultrasonido 45 F: HSA: hexano (1:6 p/v); Ultrasonido 90 D: HSA: hexano (1:2 p/v); Ultrasonido 90 D: HSA:

hexano (1:4 p/v); Ultrasonido 90 D: HSA: hexano (1:6 p/v). Los resultados se expresan en % ± DE de tres replicas independientes, las letras mayúsculas representan diferencia estadística entre métodos por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Las muestras con tratamiento de extrusión se observan con mayor recuperación de la fracción lipídica sin embargo debido a que no presentan diferencias significativas con otras tecnologías utilizando como muestra HSA, no es de gran relevancia para la extracción de estos compuestos de interés.

Se seleccionó por menor uso de solvente y mayor extracción el ultrasonido 90 D, para extraer la fracción lipídica de la semilla de aguacate evaluándose sus características fisicoquímicas, las cuales están descritas en el Cuadro 2. La muestra presenta un valor máximo de 1.478 ± 0.008 de índice de refracción, estos valores indican que el proceso de secado de la semilla, así como la extracción por ultrasonido no modifican el comportamiento óptico, y sugiere la presencia principal de ácidos graso insaturados. El índice de peróxido se encuentra dentro de los rangos permitido con un valor promedio de 0.52 miliequivalentes a O_2 por gramos de aceite.

Cuadro 2. Características fisicoquímicas del aceite de semilla de aguacate.

Muestra	Aceite de semilla	Norma de referencia * Mínimo	Máximo
Índice de refracción (25°C)			
ATA60-Dr-A1**	1.474 ± 0.003	------	1.486
ABBE AR4**	1.478 ± 0.008		
Acidez titulable (meq. KOH)	0.934 ± 0.61	0.5	1.5
Índice de acidez (% ácido oleico) **	4.69 ± 0.37	------	50
Índice de saponificación (mg KOH/g)	186.0 ± 14.69	187	197
Índice de peróxido (meq O_2/g)	0.58 ± 0.05	------	2.0
Humedad (%)	0.39 ± 0.15	-----	0.5

Los resultados se expresan en % ± DE de tres replicas independientes. * NMX-F-052-SCFI-2008, Aceite de aguacate; ** Marca/tipo de refractómetro; *** % Ácidos grasos libres.

El aceite tiene un bajo porcentaje de ácidos grasos libres con 4.69% de ácido oleico mediante el parámetro de índice de acidez que cuantifica la cantidad por el bajo contenido de ácidos grasos libres. El índice de saponificación del ASA fue alto con 186.03 mg de hidróxido de potasio por gramo, lo que expresa la cantidad de KOH necesarios para la neutralización de los ácidos grasos contenidos en la muestra, y evalúa la pureza del aceite, ya que un índice de saponificación alto indica una alta pureza del aceite vegetal.

Para evaluar la extracción de compuestos fenólicos se realizaron diferentes extractos con solventes de polaridad distinta, utilizando maceración y ultrasonido (MM: extracto metanólico por maceración; MAM: extracto metanólico:acuosos (1:1) por maceración; AM: extracto acuoso por maceración; MU: extracto metanólico por ultrasonido MAU: extracto metanólico:acuoso (1:1) por ultrasonido; AU: extracto acuoso por ultrasonido y extrusión: extracto metanólico por maceración) así como se valoró un extracto de aceite de semilla de aguacate y de semilla procesada con extrusión, obtenidos por ultrasonido 90 D. Evaluando la capacidad antioxidante por DPPH* y óxido nítrico y compuestos fenólicos, los resultados se describen en el Cuadro 3.

Para fenoles totales el extracto metanólico:acuosos por maceración muestra tener mayor contenido con 108.41 ± 3.08 mg equivalentes de ácido gálico por g de muestra (mEq GAE/g), seguido del metanólico por maceración. Los resultados para ASA se obtuvieron valores intermedios con 89.99 ± 1.86 mEq GAE/mL, lo que sugiere de una característica propia del ASA, que le proporciona características deseadas para evitar la oxidación.

Para flavonoides totales fue el caso contrario que lo descrito anteriormente, el extracto metanólico por maceración fue el de mayor cuantificación con 288.32 ± 12.7 de miliequivalentes de rutina por g de muestra (mEq RT/g), seguido de extracto metanólico:acuoso por la misma técnica 260.90 ± 7.46 mEq RT/g, mientras para el ASA se tuvo baja cuantificación derivado a la solubilidad de estos compuestos que son medianamente polares en su mayoría.

Los taninos condensados se obtuvieron valores de entre 0.451 ± 0.04 a 0.818 ± 0.04 mg equivalentes a (+)-Catequina por 100 gramos (mEq CT/100g), lo que concuerda con lo ya reportado para semilla de aguacate (Figueroa *et al*., 2018).

En cuanto a la capacidad antioxidante evaluada por DPPH* y por inhibición del óxido nítrico, se observa que los extractos obtenidos con maceración y utilizando metanol presentan mayor capacidad antioxidante *in vitro*, mientras que por ultrasonido y en el extracto metanólico con extrusión es bajo. Para los extractos por ultrasonido en comparación con aquellos que se realizaron por maceración se observan diferencias significativas, el extracto de ASA presentó menos capacidad antioxidante excepción al extracto de extrusor.

Cuadro 3. Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales *in vitro* de diferentes extractos de la semilla de aguacate variedad Hass.

Muestra	Flavonoides totales[1]	Fenoles totales [2]	Taninos condensados[3]	DPPH*[4]	Óxido nítrico [5]
MM	288.3 ± 13^{a}	76.5 ± 2.7^{c}	0.82 ± 0.04^{ab}	727.4 ± 15.4^{c}	80.3 ± 0.3^{a}
MU	192.5 ± 4.1^{c}	63.9 ± 1.1^{c}	0.88 ± 0.10^{a}	384.2 ± 4.2^{e}	77.7 ± 0.9^{b}
MAM	260.9 ± 7.5^{b}	108.1 ± 3.1^{a}	0.72 ± 0.02^{ab}	896.8 ± 21.7^{b}	79.6 ± 0.2^{a}
MAU	145.0 ± 8.1^{d}	98.8 ± 2.7^{b}	0.67 ± 0.15^{bc}	393.0 ± 15.6^{e}	75.6 ± 0.9^{b}
AM	242.9 ± 10^{b}	60.8 ± 1.9^{c}	0.45 ± 0.04^{d}	666.1 ± 20.4^{c}	78.1 ± 0.6^{b}
AU	88.2 ± 2.3^{e}	58.3 ± 2.2^{cd}	0.58 ± 0.15^{bc}	349.7 ± 9.5^{e}	68.7 ± 0.5^{c}
Extrusión	244.1 ± 6.9^{b}	56.3 ± 1.4^{d}	0.55 ± 0.06^{c}	568.3 ± 32.3^{d}	39.1 ± 0.2^{d}
ASA	57.4 ± 6.9^{f}	90.0 ± 1.8^{b}	0.134 ± 0.02^{e}	1444.4 ± 33^{a}	46.7 ± 1.7^{d}

Los resultados son expresados como la media ± DE de dos experimentos independientes en mg de equivalentes de [1] rutina trolox por g de muestra. [2] mg equivalentes a ácido gálico por g de muestra. [3] mg equivalente a (+)-Catequina en 100g de muestra. [4] trolox por g de muestra. [5] % de inhibición (1mg/mL) Las letras minúsculas representan diferencia estadística entre filas por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). **MM:** extracto metanólico por maceración; **MAM:** extracto metanólico:acuosos (1:1) por maceración; **AM**: extracto acuoso por maceración; **MU:** extracto metanólico por ultrasonido **MAU**: extracto metanólico:acuoso (1:1) por ultrasonido; **AU:** extracto acuoso por ultrasonido; **ASA**: Aceite de semilla de aguacate.

Se desarrollaron seis diferentes pre-ingredientes a partir de la fracciones lipídica y rica en compuestos fenólicos, a diferentes concentraciones, evaluando la capacidad antioxidante por óxido nítrico, así como la estabilidad después de la tercera semana y se compara con un pre-ingrediente control (Cuadro 4). La capacidad antioxidante por la metodología de óxido nítrico fue evaluada en los pre-ingredientes, obteniendo un rango de inhibición en la generación de iones nitrilo de 67.30 a 75.78 % (1mg/mL). Mientras el control únicamente inhibió 36.66 %, lo que indica un 50 % menos respecto a los pre-ingredientes.

El índice de estabilidad los pre-ingredientes mostraron valores superiores al 90 %, no observando visualmente migración de la fase dispersa durante el tiempo de experimentación, lo que indica que el porcentaje utilizado es adecuado para una vida útil de al menos tres semanas.

Cuadro 4. Estabilidad y capacidad antioxidante de los pre-ingredientes.

Pre-ingrediente	Óxido nítrico[1]	Índice de estabilidad[2]
EA	36.66 ± 1.7^{b}	80.99 ± 1.02^{c}
E1	68.22 ± 5.6^{a}	98.30 ± 0.42^{a}
E2	67.30 ± 6.5^{a}	99.25 ± 0.35^{a}
E3	72.33 ± 8.3^{a}	98.58 ± 0.25^{a}
E4	71.38 ± 5.6^{a}	96.94 ± 0.39^{a}
E5	75.10 ± 3.9^{a}	97.13 ± 0.53^{a}
E6	75.48 ± 3.9^{a}	90.83 ± 0.18^{b}

Los resultados son la media ± DE de tres experimentos independientes. Las letras minúsculas representan diferencias significativas entre muestras por Tukey ($p \leq 0.05$). [1] % de inhibición (1mg/mL); [2] % de estabilidad a la 3ra semana. EA: ingrediente control; E1: ingrediente con menor concentración de compuestos de interés; E6: ingrediente con mayor concentración de compuestos de interés.

Se evaluó la viscosidad aparente (Figura 4) que evalúa la división del esfuerzo cortante entre la velocidad de deformación del fluido (Zhang *et al.*, 2021) de los pre-ingredientes y el control. Esta propiedad varía según el gradiente de velocidad de la materia en las diferentes fracciones y concentraciones presentes en los pre-ingredientes y del control.

El comportamiento de los pre-ingredientes y del control es de tipo dilatante o espesamiento por cizallamiento, lo que indica un aumento de la viscosidad al momento de incrementar el tiempo de deformación del por cizallamiento, además es un tipo

de fluido no newtoniano, que depende de las interacciones de las fuerzas de Van der Waals y electroestática (Zhang *et al.*, 2021). Lo que indica que los pre-ingredientes podrán ser utilizados en la industria alimenticia, ya que se requieren interacciones intermedias para poderse liberar y tener su aplicación.

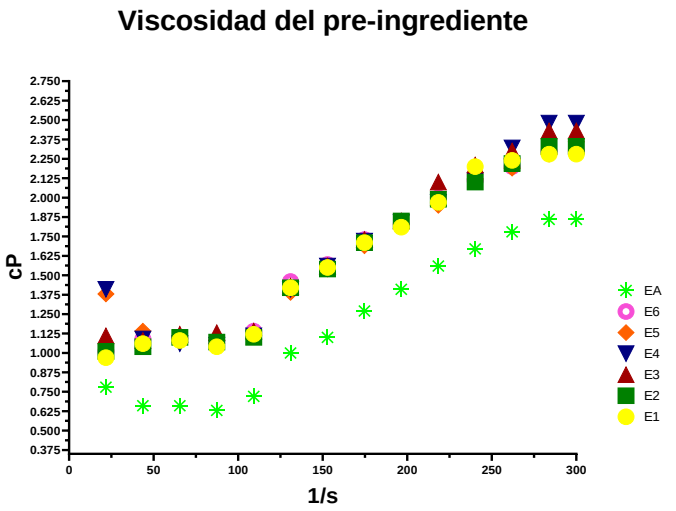


Figura 4 Viscosidad aparente de los pre-ingredientes y el control. EA: ingrediente control; E1: ingrediente con menor concentración de compuestos de interés; E6: ingrediente con mayor concentración de compuestos de interés.

Discusión y conclusiones

Fisiológicamente el cambio de color durante la maduración se debe a la disminución de clorofila y un aumento en las antocianinas como la cianidina-3-glucosido, la síntesis de antocianinas se ha observado en respuesta al estrés ambiental, el cual aumenta con la temperatura y ayuda a evitar la invasión de microorganismos y diferentes géneros de ácaros (Cömert *et al.*, 2020). Así mismo, se ha reportado que disminuye la humedad en el fruto, esto refiere a que la humedad disminuye conforme a la relación en peso de la semilla, lo cual es esperado para los frutos climatéricos, ya que la semilla no tiene mecanismos de defensa contra la deshidratación en la pulpa de aguacate (Adjei *et al.*, 2021).

Los resultados obtenidos en las correlaciones hacen que el estadio de maduración sobremaduro o tardío es el deseado para extraer compuestos fenólicos ya que incrementan en la semilla *vs* la semilla inmadura. Esto se debe a que el cambio de coloración en el aguacate indica cambios metabólicos en el fruto principalmente de defesa como lo es la síntesis de metabolitos secundarios, que incrementan conforme a la madurez postcosecha, pero disminuyen una vez que alcanzan cierta madurez y comienza los mecanismos de pudrición (Xoca-Orozco *et al.*, 2019).

Los resultados anteriores llevan a deducir que los cambios en la composición nutraceútica de las semillas se relacionan con los primeros estados de madurez del aguacate, facilitando el procesamiento los aguacates con madurez.

Así mismo se observa que la extrusión utilizando el tornillo liso no resultó eficaz para este fin, debido a la aglomeración de la semilla en fresco, esto por el tamaño de partícula y a la cantidad de carbohidratos presente en la muestra (> 50%), provocando posiblemente por la gelatinización del almidón y concentración de la fibra soluble e insoluble (Vandenbossche *et al.*, 2019). Estos resultados orientaron a las condiciones ideales para poder procesar la semilla de aguacate por medio de un secado por extrusión.

El método más rápido y eficiente de extracción de lípidos fue el ultrasonido, ya que se usan tiempos cortos y menos solvente. Se ha reportado que el ultrasonido tiene propiedades de extenderse en un medio elástico como los líquidos convirtiendo la energía eléctrica en energía sonora que al vibran mecánicamente a frecuencias ultrasónicas, liberan los compuestos (Charoux *et al.*, 2017). Actualmente no existen estudios sobre la extracción de los ácidos grasos de la semilla de aguacate utilizando ultrasonido, sin embargo, se ha reportado que porcentajes superiores al 80 % se consideran extracciones eficientes (Sallet *et al.*, 2019).

Adicional a ello es el único solvente que está aprobado para uso alimenticio, al no superar en residuo cantidades superiores a 1 mg/kg en ingredientes alimentarios (FAO, 2010). De acuerdo con COVENIN (1993) para alimentos es permitido 50 mg/kg de hexano. Siendo la cantidad de hexano residual en el aceite de entre 2 a 4 ppm.

Los resultados de los diferentes extractos de la semilla procesada se encuentran dentro del intervalo de 0.744 a 1.071 mg equivalente a (+)-Catequina/100g. Figueroa *et al*. (2018) reportaron un contenido de taninos condensados de 7.5 mg equivalentes a (+)-Catequina/100g de semilla de aguacate con testa, sugiriendo que un contenido alto de taninos condensados en la semilla se encuentra en la testa. En los resultados de este en la extrusión no se encontraron valores más altos en comparación con aquellos que se utilizó HSA, por lo que no es una técnica recomendada para extracciones de este tipo de compuestos.

De acuerdo con los diferentes valores de la fracción lipídica se describe que el aceite de semilla de aguacate presenta un mínimo de oxidación en sus ácidos grasos insaturados, y una calidad alta, por lo que el procesamiento de extracción por ultrasonido es útil para la extracción de aceites no fácilmente oxidables, con calidad y con el complimiento de la normativa.

El pre-ingrediente tiene gran el potencial de inhibición de radicales el cual dependerá del número y la ubicación de los grupos hidroxilo en los compuestos fenólicos presentes, ya que los compuestos fenólicos como los flavonoides poseen altas capacidades de captación de aniones ONOO– inhibiendo la reducción de los iones nitrilo (Kiokias *et al.,* 2020). La capacidad de los pre-ingredientes de captación de radicales de NO es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos identificados en las diferentes fracciones de los pre-ingredientes, resaltando la muestra E4, E5 y E6. Debido a si vez a la estabilidad y viscosidad se propone seguir trabajando con el pre-ingrediente E4.

En este trabajó se encontró una correlación directamente proporcional con la madurez del fruto y las características químicas y nutraceúticas de los extractos de la semilla de aguacate, lo que sugiere el aprovechamiento de la semilla, orientando de este modo al uso en la industria alimenticia, cosmética o farmacéutica. Se llegó a la conclusión que por medio de las correlaciones puede ser un indicativo para poder delimitar el uso de la semilla del aguacate, sin necesidad de determinar las propiedades de la semilla, siendo un proceso fácil y práctico para las industrias, así como un alto contenido de fenoles totales y flavonoides en la semilla con respecto al resto del fruto. Los extractos obtenidos fue de mayor concentración de compuestos nutraceúticos en extractos metanolicos:acuosos por maceración y como tecnología emergente el ultrasonido respecto al convencional y al extrusión. El pre-ingredeinte presenta una posible propiedad nutracéutica, de alta estabilidad y con capacidad antioxidante por óxido nítrico (NO_2), lo que promueve el uso de la semilla para fines alimenticios o farmacéuticos, de manera independiente de las fracciones o como un ingrediente. Abriendo a nuevos campos de oportunidad y de estudio en el pre-ingrediente previamente seleccionado.

Referencias bibliográficas

Adjei PY, Banful BK, Idun IA (2021). Seed size and seed cut-length effects on germination behavior and seedling growth of avocado (Persea Americana Merr.) Int J Agric Res.6(3):299–305.

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.

Cömert, E. D., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. Current Research in Food Science, 2, 1-10.

Charoux, C. M. G., Ojha, K. S., O'Donnell, C. P., Cardoni, A., & Tiwari, B. K. (2017). Applications of airborne ultrasonic technology in the food industry. Journal of Food Engineering, 208, 28–36.

Deshpande, S. S., Cheryan, M., Salunkhe, D. K., & Luh, B. S. (1986). Tannin analysis of food products. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 24(4), 401-449.

Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. Food Research International, 105, 752–763.

FAO, (2010). http://www.fao.org/tempref/codex/Reports/Alinorm99/al99_14s.pdf (Recopilada el día 10 de octubre del 2021).

Gwanpua, S. G., Qian, Z., & East, A. R. (2018). Modelling ethylene regulated changes in 'Hass' avocado quality. Postharvest Biology and Technology, 136(June 2017), 12–22.

Kiokias, S., Proestos, C., & Oreopoulou, V. (2020). Phenolic acids of plant origin—A review on their antioxidant activity *in vitro*, along with their in vivo health biochemical properties. Foods, 9(4), 534

Liu, Y., Bu, M., Gong, X., He, J., & Zhan, Y. (2021). Characterization of the volatile organic compounds produced from avocado during ripening by gas chromatography ion mobility spectrometry. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(2), 666-672.

Rodríguez-Martínez, B., Ferreira-Santos, P., Gullón, B., Teixeira, J. A., Botelho, C. M., & Yáñez, R. (2021). Exploiting the Potential of Bioactive Molecules Extracted by Ultrasounds from Avocado Peels—Food and Nutraceutical Applications. Antioxidants, 10(9), 1475.

SAGARPA (2020). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2017). Agrícola Nacional AGUACATE.

Sallet, D., Souza, P. O., Fischer, L. T., Ugalde, G., Zabot, G. L., Mazutti, M. A., & Kuhn, R. C. (2019). Ultrasound-assisted extraction of lipids from Mortierella isabellina. Journal of Food Engineering, 242, 1–7.

Singleton & Rossi (1965). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult., 16, pp. 144-158.

Vandenbossche, V., Candy, L., Evon, P., Rouilly, A. & Pierre-Yves, P. (2019). Extrusion. Cap. 10; 889-310.Green food processing techniques, Preservation, transformation and extraction, ELSEVIER, Academic Press

Xoca-Orozco, L. Á., Aguilera-Aguirre, S., Vega-Arreguín, J., Acevedo-Hernández, G., Tovar-Pérez, E., Stoll, A., & Chacón-López, A. (2019). Activation of the phenylpropanoid biosynthesis pathway reveals a novel action mechanism of the elicitor effect of chitosan on avocado fruit epicarp. Food Research International, 121, 586-592.

Zhang, F., Cai, X., Ding, L., & Wang, S. (2021). Effect of pH, ionic strength, chitosan deacetylation on the stability and rheological properties of formulated with chitosan/casein complexes. Food Hydrocolloids, 111, 106211

Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food chemistry; 64: 555 – 559.

ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE COLORANTES NATURALES

Amaro Reyes Aldo[1], Soto Pérez Diana Angélica[2]

1. Profesor Investigador de Tiempo Completo Categoria VII de la Facultad de Química, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro PROMEP, SNI Nivel I aldo.amaro@uaq.edu.mx
2. Estudiante de la Facultad de Química, Ingeniería en Biotecnología, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas diana.soto1322@gmail.com

Resumen

Una potencial alternativa para satisfacer la creciente demanda por colorantes naturales son los carotenoides. Entre las levaduras carotenogénicas, se ha encontrado que las cepas de *Rhodotorula mucilaginosa* muestran un gran potencial a nivel industrial. Uno de los parámetros más importantes, tanto para el crecimiento celular como para la producción de carotenoides, es la relación C/N. Por lo tanto, en una cepa de *R. mucilaginosa* se evaluó el efecto de cuatro relaciones C/N sobre el rendimiento producto/biomasa (Yp/x), expresado en μg/g, y la productividad de carotenoides totales producidos (CTPs), expresada en μg/L*h. Conforme lo anterior, la biomasa producida (g/L) se determinó mediante la técnica de peso seco celular (PSC), los carotenoides totales producidos (CTPs), expresados en μg/L, se determinaron a partir de una extracción mediada por dimetilsulfóxido (DMSO) y una posterior lectura por espectrofotometría, los azúcares reductores (g/L) se midieron a través de una reacción colorimétrica mediada por el ácido 3,5 – dinitrosalicílico (DNS) y una posterior lectura por espectrofotometría. La relación C/N de 90 reportó el valor más alto de Yp/x y productividad de CTPs (24.759 ± 5.517 μg/g y 0.428 ± 0.005 μg/L*h, respectivamente). Sin embargo, la relación C/N de 50 obtuvo resultados estadísticamente similares para el Yp/x y la productividad de CTPs (20.966 ± 1.613 μg/g y 0.409 ± 0.059 μg/L*h, respectivamente). Por lo tanto, se recomienda el empleo de la relación C/N de 50 tanto para la producción de carotenoides en términos de rendimiento y productividad, como para el ahorro de materia prima.

Palabras clave: *Rhodotorula*, carotenoide, rendimiento, productividad

Abstract

A potential alternative to meet the growing demand for natural colorants are carotenoids. Among the carotenogenic yeasts, *Rhodotorula mucilaginosa* strains have been found to show great potential at the industrial level. One of the most important parameters for both cell growth and carotenoid production is the C/N ratio. Therefore, the effect of four C/N ratios on the product/biomass yield (Yp/x), expressed in μg/g, and the productivity of total carotenoids produced (TCPs), expressed in μg/L*h, was evaluated in a strain of *R. mucilaginosa*. According to the above, biomass produced (g/L) was determined by the cell dry weight (CDW) technique, total carotenoids produced (TCPs), expressed in μg/L, were determined from a dimethyl sulfoxide (DMSO)-mediated extraction and a subsequent reading by spectrophotometry, reducing sugars (g/L) were measured through a colorimetric reaction mediated by 3,5 - dinitrosalicylic acid (DNS) and a subsequent reading by spectrophotometry. The C/N ratio of 90 reported the highest value for Yp/x and TCPs productivity (24.759 ± 5.517 μg/g and 0.428 ± 0.005 μg/L*h, respectively). However, the C/N ratio of 50 obtained statistically similar results for Yp/x and TCPs productivity (20.966 ± 1.613 μg/g and 0.409 ± 0.059 μg/L*h, respectively). Therefore, the use of the C/N ratio of 50 is recommended for carotenoid production in terms of yield and productivity, as well as for raw material savings.

Keywords: *Rhodotorula,* carotenoid, yield, productivity

Introducción

Los colorantes artificiales son normalmente añadidos a los alimentos para mejorar sus rasgos físicos (Rana et al., 2021). Sin embargo, en los últimos años el consumo de colorantes sintéticos en los alimentos ha empezado a generar preocupaciones respecto a efectos adversos en la salud. Lo anterior ha provocado una creciente demanda del consumidor por alternativas naturales (Corradini, 2018).

Los carotenoides son tetraterpenoides los cuales consisten de ocho unidades de isopreno, por lo que son altamente insaturados y liposolubles. Sus dobles enlaces conjugados les confieren varias características, como la pigmentación y coloración (Aksu y Eren, 2005; Zoz et al., 2015; Tkáčová et al., 2017). Estos compuestos, además de ser utilizados como colorantes naturales de alimentos, están siendo integrados en el mundo de los nutracéuticos, ya que están relacionados con importantes actividades biológicas debido a sus propiedades antioxidantes (Hu y Wang, 2018; Dias-Rodrigues et al., 2019; Sharma y Ghoshal, 2020).

Entre las especies de levadura pigmentadas capaces de sintetizar carotenoides, se ha encontrado que particularmente las cepas de *R. mucilaginosa* son capaces de producir cantidades importantes de β-caroteno, toruleno y torularodina, los cuales son de gran interés en la industria y en el desarrollo biotecnológico (Libkind et al., 2004; Sharma y Ghoshal, 2020). Además, este género de levadura es conocido por su alto rendimiento de carotenoides debido a su naturaleza unicelular y alta tasa de crecimiento (Aksu y Eren, 2005; Sharma y Ghoshal, 2020).

Hay varios factores que afectan el crecimiento y rendimiento de pigmentos microbianos, como la temperatura, agitación y pH (Rana et al., 2021). Sin embargo, uno de los parámetros más importantes, tanto para el crecimiento celular como para la producción de lípidos y carotenoides microbianos, es la relación C/N. La mejor relación C/N dependerá de la naturaleza del microorganismo, la composición del medio de cultivo, así como de las fuentes de carbono y nitrógeno (Jiru et al., 2017; Tkáčová et al., 2017). No obstante, existe ambigüedad respecto a la influencia de relaciones C/N en la producción de carotenoides (Braunwald et al., 2013).

Para *R. mucilaginosa*, Dias-Rodrigues et al. (2019) demostraron que una relación C/N mayor a 5 puede influir positivamente en la producción de carotenoides. Sin embargo, Libkind et al. (2004) reportaron que las relaciones C/N de 5, 20 y 100, no muestran una influencia significativa en la producción de carotenoides, pero una baja relación C/N incrementa el rendimiento de biomasa. Finalmente, da Silva et al. (2020) reportaron que cuando el sulfato de amonio se reduce la relación C/N es más alta, favoreciendo la síntesis de carotenoides en las células.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cuatro relaciones C/N sobre el rendimiento de carotenoides totales producidos respecto a la producción de biomasa (μg/g), así como sobre la productividad de carotenoides totales producidos (μg/L*h) en un cultivo de *R. mucilaginosa* desarrollado por 72 h.

Metodología

Materiales

Cepa

La levadura que se empleó en este trabajo, *Rhodotorula mucilaginosa*, pertenece a la colección de cepas de la planta piloto de Biotecnología de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se conservó a -80 °C en suspensión con glicerol al 20% v/v.

Pre-inóculo

Conforme a1 Lau et al. (2018), el pre-inóculo se preparó a partir de una cepa de *R. mucilaginosa* criopreservada, la cual se activó durante 24 h a 30 °C y 150 rpm en 15 mL de medio líquido de extracto de levadura, peptona y sacarosa (YPS, por sus siglas en inglés): 10 g/L de extracto de levadura, 20 g/L de peptona de caseína y 20 g/L de sacarosa, pH 5.

Posteriormente, la levadura activada se inoculó en placas de Petri para su desarrollo durante 36 h a la temperatura y agitación ya mencionadas en medio sólido de extracto de levadura, peptona y dextrosa (YPD, por sus siglas en inglés): 10 g/L de extracto de levadura, 20 g/L de peptona de caseína, 20 g/L de dextrosa y 15 g/L de agar base, pH 5. Se tomó una Unidad Formadora de Colonias (UFC) definida y se inoculó en 15 mL de medio YPS para, inmediatamente, incubar durante 15 h a 30 °C y 150 rpm. Se centrifugó a 4,500 × g a temperatura ambiente durante 15 min para sedimentar las células, las cuales se resuspendieron en una solución con glicerol al 20% v/v para su conservación a -80 °C.

Condiciones de cultivo

Teniendo en cuenta a Jiru et al. (2017), un inóculo desarrollado durante 12 horas en YPS se tomó para inocular al 10% de un volumen total de 50 mL en medio líquido con glucosa como fuente de carbono y sulfato de amonio como fuente de nitrógeno a una relación C/N de 20, 50, 70 y 90. Los medios de cultivo se prepararon en base a lo reportado por Wang et al. (2017) y Libkind et al. (2004), pero con algunas modificaciones. La formulación consistió en (g/L): glucosa, 21.2, 53, 74.2 o 95.4; $(NH_4)_2SO_4$, 2; KH_2PO_4, 1; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.5; $CaCl_2$, 0.1; NaCl, 0.3. El pH será ajustado a 7.0.

Métodos

Determinación del rendimiento y productividad

El rendimiento de la síntesis de carotenoides totales producidos respecto a la producción de biomasa (Yp/x), expresado como μg/g, fue evaluado en las cuatro relaciones C/N mediante la Ecuación 1, en la cual se determina la concentración de carotenoides totales producidos (CTPs), expresada en μg/L, por concentración de peso seco celular producido (PSC), expresado en g/L (Aksu y Eren, 2005; Bonadio et al., 2018). Por otro lado, se cuantificó la productividad de CTPs (μg/L) y PSC (g/L), la cual fue expresada como μg/L*h y g/L*h, respectivamente. Posteriormente, se compararon los rendimientos y productividades obtenidas con el fin de elegir la relación C/N con mayor resultado positivo.

$$Y^{p}/_{x} = \frac{\frac{\mu g_{CTPs}}{L}}{\frac{g_{PSC}}{L}} \quad (1)$$

Determinación del peso seco celular

Conforme a la metodología propuesta por Lau et al. (2018) se evaluó la producción de biomasa por PSC (g/L). Una muestra de 5 mL fue tomada de cada biorreactor y se centrifugó a 4,500 × g durante 15 min, posteriormente, se lavó dos veces con agua destilada. Finalmente, se secó a 105 °C hasta llegar a peso constante.

Extracción y cuantificación de carotenoides totales

Siguiendo la metodología de Kanzy et al. (2015), una muestra de 5 mL de suspensión de levadura fue tomada y las células se recolectaron usando la centrifugación a 4,500 × g durante 15 min. El sobrenadante se descartó y el sedimento celular se lavó tres veces con agua destilada para, seguidamente, ser resuspendido en 1 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) precalentado a 55 °C. Luego, se centrifugó y se extrajo la solución pigmentada. Se repitió la extracción con DMSO tres veces. Con el fin de determinar los CTPs (μg/L) a partir de la solución pigmentada total, se midió la densidad óptica mediante el espectrofotómetro a 501 nm. El contenido total de carotenoides (μg/L) se calculó mediante la Ecuación 2, donde A es la absorbancia a 501 nm, V es el volumen total y $E_{1cm}^{1\%}$ es el coeficiente de extinción, el cual es igual a 2,040 (cuando la celda es de 1 cm de ancho y la concentración es del 1%).

$$Carotenoides\ \left(\frac{\mu g}{L}\right) = \frac{A*V*10^6}{{E_{1cm}}^{1\%}*100} \quad (2)$$

Cuantificación de los azúcares reductores

Una muestra de 1 mL de suspensión de levadura fue tomada y centrifugada a 10,000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente. El sobrenadante se cuantificó por medio del método de ácido 3, 5 - dinitrosalicílico (DNS, por sus siglas en inglés) (Miller, 1959). La concentración de azúcares reductores se calculó mediante una curva estándar y

se expresó en gramos de glucosa reducida por litro (g/L).

Resultados

Para las cuatro relaciones C/N se cuantificó el PSC (g/L), los azúcares reductores (g/L) y los CTPs (μg/L). En los ensayos con la relación C/N como variable, el PSC tuvo un intervalo de una producción mínima de 0.787 ± 0.058 g/L a una máxima de 1.413 ± 0.272 g/L, mientras que los CTPs tuvieron un intervalo de 14.461 ± 2.827 μg/L a 30.801 ± 0.142 μg/L (Tabla 1).

En el caso del PSC, la relación C/N de 50 reportó el resultado más alto (1.413 ± 0.272 g/L), siendo dicho valor estadísticamente similar a los resultados reportados por la relación C/N de 90 y 70 (1.280 ± 0.242 g/L y 1.180 ± 0.100 g/L, respectivamente). En cambio, la relación C/N de 20 mostró la cantidad más baja de PSC (0.787 ± 0.058 g/L), siendo un poco mayor que la mitad del valor reportado por la relación C/N de 50. Por lo tanto, la mayor productividad de PSC fue a una relación C/N de 50 (0.020 ± 0.004 g/L*h), con un valor estadísticamente similar a los resultados mostrados por la relación C/N de 90 y 70 (0.018 ± 0.003 g/L*h y 0.016 ± 0.001 g/L*h, respectivamente) (Tabla 2). En contraste, la relación C/N de 20 reportó la productividad de PSC más baja (0.011 ± 0.001 g/L*h), con un resultado un poco mayor que la mitad del valor reportado por la relación C/N de 50.

Por otro lado, la relación C/N de 90 fue la que reportó la mayor cantidad de CTPs (30.801 ± 0.142 μg/L), seguida de la relación C/N de 50, (29.412 ± 4.191 μg/L), con una producción estadísticamente similar a la reportada por la relación C/N de 90. No obstante, la que demostró la cantidad de CTPs más baja fue la relación C/N de 20 (14.461 ± 2.827 μg/L), mientras que la relación C/N de 70 mostró un resultado de 26.225 ± 0.374 μg/L, el cual es estadísticamente similar al valor reportado por la relación C/N de 50. Por ende, la relación C/N de 90 reportó la mayor productividad de CTPs (0.428 ± 0.005 μg/L*h), seguida de la relación C/N de 50 (0.409 ± 0.059 μg/L*h), con un valor estadísticamente similar al de la relación C/N de 90, así como al de la relación C/N de 70 (0.364 ± 0.007 μg/L*h) (Tabla 2). En cambio, la relación C/N de 20 reportó la menor productividad de CTPs (0.201 ± 0.039 μg/L*h), un poco menos de la mitad del valor reportado por la relación C/N de 50.

En los cálculos del Yp/x (μg/g) se demostró que la relación C/N de 90 fue la que obtuvo el resultado más alto (24.759 ± 5.517 μg/g), seguida de la relación C/N de 70 (22.345 ± 2.174 μg/g). En tercer lugar, la relación C/N de 50 mostró un Yp/x de 20.966 ± 1.613 μg/g. Finalmente, la relación C/N de 20 reportó el rendimiento más bajo (18.466 ± 3.833 μg/g). Cabe destacar que los resultados de todas las relaciones C/N fueron estadísticamente similares. Sin embargo, se puede observar una correlación positiva entre la relación C/N y el Yp/x (μg/g).

Tabla 1. Producción de biomasa y carotenoides totales en un cultivo desarrollado durante 72 h con diferentes concentraciones de glucosa.

Relación C/N	PSC (g/L)	CTPs (μg/L)	Yp/x (μg/g)
20	0.787 ± 0.058	14.461 ± 2.827	18.466 ± 3.833
50	1.413 ± 0.272	29.412 ± 4.191	20.966 ± 1.613
70	1.180 ± 0.100	26.225 ± 0.374	22.345 ± 2.174
90	1.280 ± 0.242	30.801 ± 0.142	24.759 ± 5.517

Abreviaturas: PSC, peso seco celular; CTPs, carotenoides totales producidos; Yp/x, rendimiento producto/biomasa.

Tabla 2. Comparación de la productividad de PSC y CTPs a diferentes relaciones C/N en un cultivo desarrollado durante 72 h.

Relación C/N	Productividad de PSC (g/L*h)	Productividad de CTPs (μg/L*h)
20	0.011 ± 0.001	0.201 ± 0.039
50	0.020 ± 0.004	0.409 ± 0.059
70	0.016 ± 0.001	0.364 ± 0.007
90	0.018 ± 0.003	0.428 ± 0.005

Abreviaturas: PSC, peso seco celular; CTPs, carotenoides totales producidos.

Respecto a los azúcares reductores (g/L), hubo un aumento o disminución dependiendo de la relación C/N (Tabla 3). Por un lado, se mostró un consumo muy bajo de azúcares en las relaciones C/N de 20 y 50 (4.922 ± 5.669 g/L y 5.915 ± 5.659 g/L, respectivamente). Por otro lado, las relaciones C/N de 70 y 90 mostraron un incremento de concentración de azúcares al final del proceso comparado con la concentración de azúcares iniciales (-20.937 ± 13.477 y -15.740 ± 22.355 g/L).

Tabla 3. Comparación de los azúcares iniciales vs finales en un cultivo desarrollado durante 72 h con diferentes concentraciones de glucosa.

Relación C/N	Azúcares iniciales (g/L)	Azúcares reductores (g/L)	Azúcares consumidos (g/L)
20	21.200	16.278 ± 5.669	4.922 ± 5.669
50	53.000	47.085 ± 5.659	5.915 ± 5.659
70	74.200	95.137 ± 13.477	-20.937 ± 13.477
90	95.400	111.140 ± 22.355	-15.740 ± 22.355

Discusión y Conclusiones

Se pudo observar que cuando el medio de cultivo contenía una relación C/N de 50, hubo una tendencia a una mayor producción de PSC (g/L), mientras que a una relación C/N de 20 hubo una disminución de casi la mitad de PSC (g/L) del valor reportado por la relación C/N de 50. Además, se pudo observar que a una relación C/N mayor a 50 también hubo una disminución en la producción de PSC (g/L), aunque no tan evidente. Así mismo, la productividad de PSC (g/L*h) tendió a ser casi el doble del valor reportado por la relación C/N de 20 cuando se empleó la relación C/N de 50, mientras que tendió a bajar cuando la relación C/N era mayor a 50. En contraste, Tkáčová et al. (2017) reportaron que la mejor relación C/N para la producción de PSC (g/L) de *R. glutinis* es la de 70, con glucosa como fuente de carbono y extracto de levadura como fuente de nitrógeno, además, reportaron que el PSC (g/L) tiende a duplicarse cuando se cambia de la relación C/N de 20 a la de 50 en el medio de cultivo. Sin embargo, también demostraron que a una relación C/N de 100 hay un decaimiento del rendimiento celular. Respecto a los resultados obtenidos de CTPs (μg/L) se observó que, a pesar de que no hubo una correlación positiva entre la relación C/N y la producción de CTPs (μg/L), sí hubo un aumento de producción de CTPs (μg/L) a relaciones C/N mayores a 20, sobretodo, cuando la

relación C/N era de 50 o 90, las cuales reportaron más del doble de producción de CTPs (μg/L) del valor obtenido por la relación C/N de 20. Aunado a lo anterior, la productividad de CTPs (μg/L*h) fue mayor a relaciones C/N más altas que 20, incluso obteniendo más del doble de productividad de CTPs (μg/L*h) del valor reportado por la relación C/N de 20 cuando el medio de cultivo contenía una relación C/N de 50 o 90. Libkind et al. (2004) concluyeron que el género *Rhodotorula* no muestra un patrón común entre el crecimiento celular y la producción de carotenoides en respuesta a diferentes relaciones C/N. Además, resultados obtenidos por Braunwald et al. (2013) contradicen la correlación positiva entre la producción de biomasa y carotenoides, aunque, por otro lado, demostraron que el aumento de la relación C/N basada en glucosa y sulfato de amonio afecta positivamente la síntesis de carotenoides en *R. glutinis*. Cuando la relación C/N es alta, se favorece la acumulación de carotenoides dentro de las levaduras, esto debido al estrés ocasionado por la limitación de un nutriente, en este caso de nitrógeno (da Silva et al., 2020). En la investigación de Dias-Rodrigues et al. (2019) se reportó que un aumento en la relación C/N tiene una influencia positiva en la producción de biomasa y carotenoides. Sin embargo, Tkácová et al. (2017) demostraron que las relaciones C/N mayores a 50 favorecen la acumulación de lípidos en las células, provocando un decaimiento gradual en la síntesis de carotenoides debido a la competencia por el acetil-CoA, el cual es precursor tanto de la ruta de lípidos como de carotenoides. Lo anterior se explica con el sustento de que los medios con relaciones C/N altas tienen suficiente fuente de carbono para ser utilizado para la acumulación de lípidos durante el crecimiento celular (Jiru et al., 2017). Además, Tkácová et al. (2017) también demostraron que a bajas relaciones C/N es más rápido que la glucosa se consuma por completo, lo cual a su vez favorece la acumulación de carotenoides.

Contrario al efecto que tiene la relación C/N sobre la producción de CTPs (μg/L), los resultados obtenidos respecto al Yp/x (μg/g) demostraron que un aumento en la relación C/N tuvo como respuesta el aumento del Yp/x (μg/g). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la respuesta a un cambio en la relación C/N es, sobretodo, específica de la cepa y/o especie (Libkind et al., 2004).

Se demostró que con las relaciones C/N de 70 y 90 hubo un incremento de azúcares en vez de un consumo, además, las relaciones C/N de 20 y 50 reportaron un consumo de azúcares bajo. En contraste, Tkácová et al. (2017) demostraron que, utilizando el método de DNS, de las 0 a las 192 horas de desarrollo del cultivo hay una caída en la concentración de azúcares residuales en el medio con una relación C/N de 20, 50, 70 y 100. Además, demostraron que a las 72 horas los azúcares se consumen casi por completo a una relación C/N de 20, mientras que a una relación C/N de 40 los azúcares se consumen casi a la mitad. Por lo tanto, se sugiere que probablemente la cepa de *R. mucilaginosa* empleada en esta investigación excretó sacáridos al medio de cultivo, los cuales pudieron haber interferido en los ensayos.

Tomando en cuenta que los resultados de Yp/x (μg/g) y productividad de CTPs (μg/L*h) más altos fueron reportados en los ensayos que utilizaron una relación C/N de 50, 70 y 90, así como el hecho de que dichos parámetros reportados por la relación C/N de 50 fueron estadísticamente similares a las otras dos relaciones, se puede concluir que la relación C/N de 50 es la más adecuada para la obtención de carotenoides en términos de rendimiento y productividad, así como ahorro de materia prima. Además, el uso de un medio de cultivo con una relación C/N de 50 permite un mayor consumo de sustrato en un lapso de tiempo más corto comparado con relaciones C/N más altas, lo cual favorece la acumulación de carotenoides en el sistema y permite el ahorro de tiempo y espacio. Sin embargo, todavía se requieren ensayos que permitan evaluar el consumo de azúcares en la cepa de *R. mucilaginosa* empleada en esta investigación, los cuales permitan definir una relación entre el tiempo, la relación C/N, el consumo de sustrato y la acumulación de carotenoides.

Referencias bibliográficas

Aksu, Z., Eren, A. T. (2005). Carotenoids production by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: use of agricultural wastes as a carbon source. *Process Biochemistry, 40*, 2985-2991.

Bonadio, M. de P., de Freita, L. A., Mutton, M. J. R. (2018). Carotenoid production in sugarcane juice and synthetic media supplemented with nutrients by *Rhodotorula rubra* l02. *Brazilian Journal of Microbiology, 49*(4), 872-878.

Braunwald, T., Schwemmlein, L., Graeff-Hönninger, S., French, W.T., Hernandez, R., Holmes, W. E., Claupein W. (2013). Effect of different C/N ratios on carotenoid and lipid production by *Rhodotorula glutinis*. *Applied Microbiology and Biotechnology, 97*(14), 6581-6588.

Corradini, M. G. (2018). Synthetic food colors. En Melton, L., Shahidi, F., Varelis, P. (Eds.), *Encyclopedia of food chemistry* (pp. 291-296). Elsevier.

da Silva, J., Honorato da Silva, F. L., Santos-Ribeiro, J. E., Nóbrega de Melo, D. J., Santos, F. A., Lucena de Medeiros, L. (2020). Effect of supplementation, temperature and pH on carotenoids and lipids production by *Rhodotorula mucilaginosa* on sisal bagasse hydrolyzate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 30*, 1-25.

Dias-Rodrigues, T. V., Amore, T. D., Teixeira, E. C., Janaina, F. de M. B. (2019). Carotenoid production by *Rhodotorula mucilaginosa* in batch and fed-batch fermentation using agroindustrial byproducts. *Food Technology and Biotechnology, 57*(3), 388-398.

Hu, Q., Wang, Y. (2018). Optimization ultrasound assisted extraction of carotenoids from *Rhodopseudomonas faecalis* PSB-B. *Open Access Library Journal, 5*(12), 1-10.

Jiru, T. M., Groenewald, M., Pohl, C., Steyn, L., Kiggundu, N., Abate, D. (2017). Optimization of cultivation conditions for biotechnological production of lipid by *Rhodotorula kratochvilovae* (syn, *Rhodosporidium kratochvilovae*) SY89 for biodiesel preparation. *3 Biotech, 7*(2), 1-11.

Kanzy, H. M., Nasr, N. F., El-Shazly, H. A. M., Barakat, O. S. (2015). Optimization of carotenoids production by yeast strains of *Rhodotorula* using salted cheese whey. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4*(1), 456-469.

Lau, W. X., Carvajal-Zarrabal, O., Nolasco-Hipólito, C., Kohei, M., Gregory, Z. A. A., Abdullah, M. O., Toh, S. C., Lihan, S. (2018). Production of pigments by *Rhodotorula mucilaginosa*. *Malaysian Journal of Microbiology, 14*(4), 344-350.

Libkind, D., Pérez, P., Sommaruga, R., Diéguez, M. D. C., Ferraro, M., Brizzio, S., Zagarese, H., Van-Broock, M. (2004). Constitutive and UV-inducible synthesis of photoprotective compounds (carotenoids and mycosporines) by freshwater yeasts. *Photochemical and Photobiological Sciences, 3*, 281-286.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry, 31*(3), 426-428.

Rana, B., Bhattacharyya, M., Patni, B., Arya, M., Joshi, G. K. (2021). The realm of microbial pigments in the food color market. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 5*.

Sharma, R., Ghoshal, G. (2020). Optimization of carotenoids production by *Rhodotorula mucilaginosa* (MTCC-1403) using agro-industrial waste in bioreactor: a statistical approach. *Biotechnology Reports, 25*.

Tkáčová, J., Čaplová, J., Klempová, T., Čertík, M. (2017). Correlation between lipid and carotenoid synthesis in torularhodin-producing *Rhodotorula glutinis*. *Annals of Microbiology, 67*, 541-551.

Wang, Q., Liu, D., Yang, Q., Wang, P. (2017). Enhancing carotenoid production in *Rhodotorula mucilaginosa* KC8 by combining mutation and metabolic engineering. *Annals of Microbiology, 67*, 425-431.

Zoz, L., Carvalho, J. C., Soccol, V. T., Casagrande, T. C., Cardoso, L. (2015). Torularhodin and torulene: Bioproduction, properties and prospective applications in food and cosmetics - a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology, 58*(2), 278-288.

Hidrólisis de suero lácteo asistida con microondas utilizando ficina

Noemi Takebayashi-Caballero[1], Lucía Abadía-García[*1]

[1] Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro 76010, México; ntakebayashi13@alumnos.uaq.mx
*lucia.abadia@uaq.mx

Resumen

El consumo de compuestos antihipertensivos y antioxidantes podría reducir la incidencia de las enfermedades cardiovasculares. Un alimento prometedor es el suero lácteo debido a que es fuente de péptidos bioactivos. Se hidrolizaron a las proteínas de suero lácteo con ficina y se asistió con microondas evaluando la actividad antioxidante e inhibitoria de la ECA de los tratamientos. La electroforesis mostró que la solución de aislado de proteína de suero tiene β-lactoglobulinas y α-lactoalbúminas. Sin embargo, no se mostraron bandas para las cinéticas control ni para los tratamientos, por lo que se infiere que la ficina degradó a las proteínas en péptidos menores a 5 kDa. El tratamiento que mostró mayor porcentaje de hidrólisis fue 85 °C y 6 minutos mientras que la actividad inhibitoria de la ECA fue mayor a 100 °C y 9 minutos. En cambio, los mejores tratamientos para la actividad antioxidante con ABTS fueron a 70 °C, mientras que en el ensayo de DPPH se observó una mínima actividad. No se encontró una relación directa entre la hidrólisis enzimática y la actividad antioxidante e inhibitoria de la ECA posiblemente porque cada tratamiento libera diferentes péptidos bioactivos.

Summary

The consumption of antihypertensive and antioxidant compounds could reduce the incidence of cardiovascular diseases. One promising food is whey protein because it is a source of bioactive peptides. Whey proteins were hydrolyzed with ficin in a microwave-assisted process to evaluate the antioxidant and ACE inhibitory activity of the treatments. The electrophoresis showed that the whey protein solution displayed β-lactoglobulins and α-lactalbumins. However, the samples from the exploratory kinetics and treatments did not show any bands. This suggests that ficin hydrolysed whey protein into peptides of less than 5 kD. The treatment with the highest percentage of hydrolysis was that of 85 °C and 6 minutes. For the ACE inhibitory activity, the treatment that most inhibited ACE was that of 100 ° C and 9 minutes. For the antioxidant activity, all of the treatments tested for 70 ° C had the highest antioxidant capacity in the ABTS assay. However, in the DPPH assay, a minimal activity of radical scavenging was observed. No direct relationship was found between enzymatic hydrolysis and ACE inhibitory and antioxidant activity. Hence, this suggests that each treatment releases different bioactive peptides.

Palabras clave: péptidos bioactivos, suero lácteo, hidrólisis enzimática, ficina, microondas, inhibidor de ECA, antioxidante

Key words: bioactive peptides, whey protein, enzymatic hydrolysis, ficin, microwave, ACE inhibitor, antioxidant

1. Introducción

La composición proteica de la leche consiste de un 80 % de caseína y un 20 % de proteínas de suero. Durante la coagulación enzimática de la leche para la producción de quesos y caseinatos se obtiene un líquido residual. Este líquido contiene proteínas globulares denominadas proteínas del suero lácteo. Entre un 70-80 % son β-lactoglobulinas (18.4 kDa) y α-lactoalbúminas (14.2 kDa); el porcentaje restante son glicomacropéptido (GMP), inmunoglobulinas, albúmina de suero bovino (BSA), lactoferrina, lactoperoxidasa y lisozima. Las proteínas de suero tienen una alta calidad nutritiva pues están constituidas de aminoácidos ramificados además, se han estudiado por su potencial efecto nutracéutico (Ordoñez Urteaga, 2021).

Las proteínas de suero se utilizan actualmente como ingrediente en la formulación de alimentos, así como su uso en suplementos para deportistas. Una tendencia es el uso de enzimas para la producción de hidrolizados con fragmentos de estas proteínas. Cuando las proteínas del suero lácteo se hidrolizan, se liberan péptidos bioactivos, los cuales se han correlacionado con actividad antioxidante y antihipertensiva. Los péptidos bioactivos son secuencias de aminoácidos inactivos en una proteína, que al liberarse mediante hidrólisis pueden contribuir positivamente a las funciones fisiológicas. Los péptidos bioactivos se pueden liberar *in vivo* por enzimas gastrointestinales (como pepsina, tripsina, quimiotripsina) o bien, *in vitro* con enzimas específicas. Se ha reportado que los péptidos bioactivos de las proteínas del suero lácteo muestran actividad hipocolesterolémica, antitrombótica, antioxidante, antihipertensiva (Tovar-Jiménez, 2021).

La hidrólisis enzimática de proteínas de suero lácteo es un proceso complejo debido a la estructura globular. Estas proteínas tienen un núcleo hidrofóbico lo que hacen que sean resistentes al ataque por diversas enzimas. Tradicionalmente se utilizan enzimas gástricas y microbianas, sin embargo, el uso de enzimas vegetales es un área interesante y poco explorada. Un ejemplo de estas enzimas es la ficina (EC 3.4.22.3), la cual se obtiene del grupo de plantas ficus. Ésta es clasificada como una enzima proteasa sulfhidrilo-dependiente ya que tiene un grupo sulfhidrilo (SH) en el sitio activo. Entre sus generalidades es que es una proteína básica al tener un punto isoeléctrico de 9.0 y tiene un pH óptimo en el intervalo de 5.0-7.5 (Arribére et al.,1994).

En los últimos años se han utilizado tratamientos previos a la hidrólisis enzimática para inducir un desdoblamiento que facilite la hidrólisis y permita la liberación de un mayor número de péptidos con actividades biológicas. Uno de estos métodos es el uso de microondas. Cuando los alimentos absorben energía de las microondas, las moléculas de los alimentos polares giran, lo que provoca colisiones. Esto crea una fricción entre las moléculas polares que causa un aumento de temperatura, el cual puede producir cambios en la estructura (Villamiel et al., 2002).

Gomaa et al. (2016) reportaron sobre el mecanismo de desnaturalización de la β-lactoglobulina, la cual es de importancia ya que es una fuente de péptidos bioactivos. La β-lactoglobulina es un dímero en soluciones diluidas a pH fisiológico. Cada monómero tiene 162 residuos de aminoácidos con hojas β antiparalelas y una hélice α de 3 vueltas. Además, tiene dos puentes disulfuro y un grupo tiol libre. El uso de microondas por encima de 55 °C hace que el grupo tiol comience a oxidarse y la proteína se empieza a desplegar y agregarse. La desnaturalización de la β-lactoglobulina ocurre cuando se despliegan las hojas β y las α-helicoidales. Después, se puede llegar a agregar al formarse estructuras de hojas β intermoleculares. Es por ello que se ha sugerido el uso de microondas para desdoblar a la proteína para que la enzima pueda escindir en más sitios.

El objetivo principal de este trabajo fue producir hidrolizados de proteínas de suero lácteo utilizando ficina para evaluar su actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) y antioxidante, y además asistir este proceso utilizando la tecnología de calentamiento con microondas evaluando la duración del tratamiento y la temperatura aplicada.

2. Metodología

2.1. Hidrólisis de proteína de suero utilizando ficina

Se utilizó aislado de proteína de suero (APS) de Hilmar Ingredients (Hilmar, CA, USA) que contenía 91.7% proteína, 0.5% lactosa y 1.4% grasa. Se prepararon soluciones de aislado de proteína de suero al 3% p/v, se almacenaron en refrigeración a 4ºC durante toda la noche para asegurar su hidratación. La solución proteica se llevó a 50 °C y se ajustó el pH a 7 con NaOH 0.1M. Se preparó la solución de enzima ficina (1 U/mL en buffer de fosfatos 0.1 M, pH 7) y se añadió inmediatamente. Durante la hidrólisis se controló el pH añadiendo NaOH 0.1 M y se registró el volumen gastado. Se tomaron muestras a los 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120, 150 minutos. La reacción

se terminó con calentamiento a ebullición durante 10 minutos. Estas muestras se congelaron para su posterior análisis.

2.2. Pretratamiento con microondas

Se utilizó un sistema de digestión por microondas de recipiente cerrado (Ethos Easy de Milestone) con una potencia máxima de 600 W. Las condiciones del pretratamiento fueron: 3 minutos para subir la temperatura (70 °C, 85 °C o 100 °C), seguidos de 3, 6 o 9 minutos para mantener la temperatura (70 °C, 85 °C o 100 °C) y por último, 10 minutos de enfriamiento. Cada pretratamiento se realizó por triplicado. Posterior al pretratamiento con microondas se realizó la hidrólisis descrita en el apartado 2.1.

2.3. Determinación de porcentaje de hidrólisis (DH)

Para calcular DH se usó la Ec. 1 descrita por Nielsen (2001):

$DH(\%) = 100 \times vol \times N \times \frac{1}{\alpha} \times \frac{1}{masa} \times \frac{1}{h\,total}$,

donde vol es el volumen de la base, Nes la normalidad de la base que en este caso fue de 0.1 N, $\alpha = 1$, $masa = masa\ de\ proteína = 1.3755$, $h\,total = 8.8$.

2.4. Electroforesis

Las muestras obtenidas en la cinética exploratoria se diluyeron con buffer: se mezclaron 50 µL de cada muestra con 950 µL de buffer. Éstas muestras se sometieron a calentamiento por baño María (aproximadamente 10 minutos). Los geles usados fueron gel de resolución (17%) y gel de apilamiento (4 %). Las condiciones de corrida fueron 90 minutos, 30 mAmps, 200 v. Se usó un marcador de alto peso molecular (Precision Plus ProteinTM Kaleidoscope cat. #161-0375 de Bio-Rad) de 10-250 kDa y un marcador de bajo peso molecular (Sigma-Aldrich) de 1.06-26.6 kDA.

2.5. Actividad inhibitoria de Enzima Convertidora de Angiotensina (ECA)

Para la actividad inhibidora de ECA se siguió el método de Cushman y Cheung (1971) con modificaciones. Se realizaron diluciones a 0.5, 1 y 2 mg/ml de proteína por solución de muestra obtenida de los pretratamientos y su posterior hidrólisis. Se preparó el buffer con hidrato de N-Hippuril-His-Leu (HHL) de Sigma-Aldrich a una concentración de 5 mM HHL disuelto en buffer de borato de sodio 0.1 M con 0.3 NaCl, pH 8.3. Luego se añadieron, 40 ul de las diluciones con 960 ul de buffer. Estas soluciones se preincubaron a 37 °C por 5 minutos. Se preparó la enzima ECA de pulmón de conejo (0.25 unidades/mg de proteína) de Sigma-Aldrich y se agregaron 20 µL de ésta a cada tubo. Cada tubo se agitó vigorosamente en vortex y se incubó por 30 minutos a 37 °C. Pasados los 30 minutos, se adicionaron 250 µL HCl 1N para terminar la reacción. Las muestras se filtraron con membranas de 0.22 um y fueron guardadas en viales hasta su análisis.

La concentración de ácido hipúrico generado se cuantificó por medio de cromatografía líquida de alta resolución en fase inversa (RP-HPLC). Para calcular el porcentaje de inhibición se usó la Ec. 2:

$\%\,inhibición = \frac{control - muestra}{control}$, donde $control$ es el área del ácido hipúrico del control positivo y $muestra$es el área del ácido hipúrico de la muestra.

2.6 Actividad antioxidante.

Se siguió el método de ABTS de Re (1999). Se hizo reaccionar 7 mM de ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS) con persulfato de potasio 2.45 mM y se mantuvo en la oscuridad y a temperatura ambiente durante 12 horas antes de su uso. Esto se realizó para producir el catión radical $ABTS^{\bullet+}$. La solución ABTS se diluyó hasta una absorbancia de 0.7-1.0 a 734 nm usando solución salina tampón fosfato (PBS) 5 mM. Luego, se agregó 200 µL de solución ABTS por cada 20 µL de muestra (1 mg/ml de proteína en buffer PBS). Después de 30 minutos, se midió la absorbancia a 734 nm, 25 °C utilizando un lector de placas.

La actividad de captación de radicales de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) se determinó con el método de Nooshkam y Madadlou con las modificaciones realizadas por Liu et al. (2019). Se preparó el radical DPPH a una concentración de 0.12 mM en metanol.

Se realizó el mismo procedimiento que con el ensayo ABTS. Se leyó la absorbancia a 517 nm.

Se utilizó una curva de ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilo-3,4-dihidrocromeno-2-carboxílico (trolox), en ambos métodos evaluados con fines de obtener las concentraciones equivalentes de trolox (TEAC).

3. Resultados

La electroforesis muestra la presencia de β-lactoglobulinas y α-lactoalbúminas en el control. Sin embargo, no se observan péptidos en las cinéticas control ni en los tratamientos. Esta diferencia se atribuye a la hidrólisis producida por el uso de la enzima ficina.

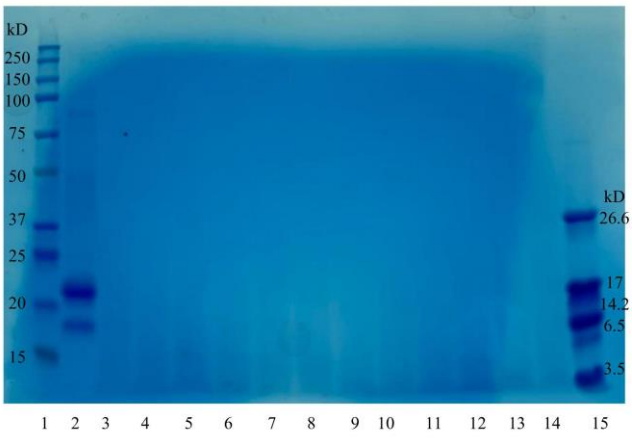


Figura 1. Electroforesis SDS-Page. El carril 1 y 15 son los marcadores (alto y bajo peso molecular respectivamente). El carril 2 es el control (solución de aislado de proteína de suero al 3% p/v). Los carriles 3, 4 y 5 son las cinéticas control. Los carriles 6-14 son los hidrolizados de los tratamientos (70 °C 3 min, 70 °C 6 min, 70 °C 9 min, 85 °C 3 min, 85 °C 6 min, 85 °C 9 min, 100 °C 3 min, 100 °C 6 min, 100 °C 9 min respectivamente).

Para el porcentaje de hidrólisis se observó que el tiempo y la temperatura son factores significativos como se muestra en la Figura 1. El mejor tratamiento resultó ser a 85 °C y 6 minutos.

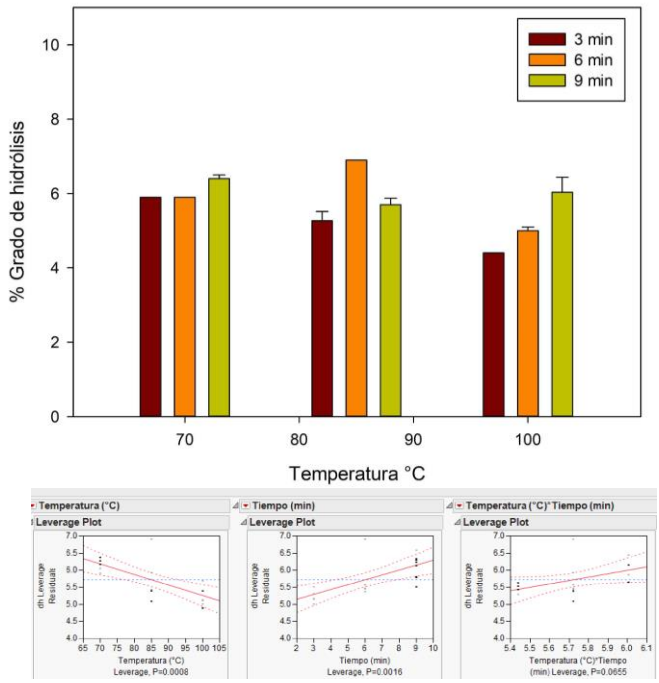


Figura 2. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre el grado de hidrólisis.

Para evaluar la actividad inhibitoria de la ECA, se añadió ECA a las muestras de proteína, asumiendo que durante la hidrólisis enzimática, éstas liberaron péptidos bioactivos responsables de inhibir a la ECA. En general se observó una inhibición de la ECA en todos los tratamientos, con un mínimo de 63.37% a 100 °C y 3 minutos y un máximo de casi 75% a 100 °C y 9 minutos, como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, estas diferencias en el porcentaje de inhibición no son significativas por lo que la temperatura y el tiempo en el pretratamiento indicando que no juegan un papel significativo en la generación de péptidos con efecto inhibitorio de la ECA.

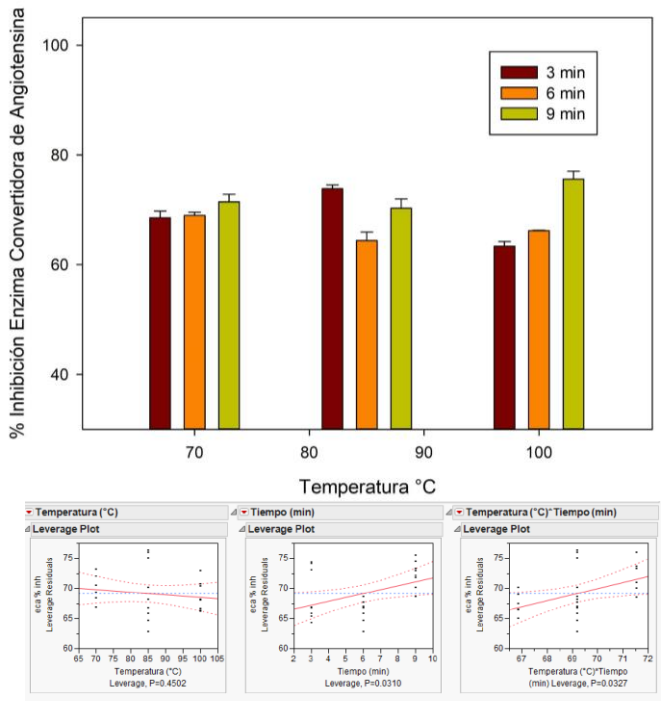


Figura 3. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la inhibición de la ECA.

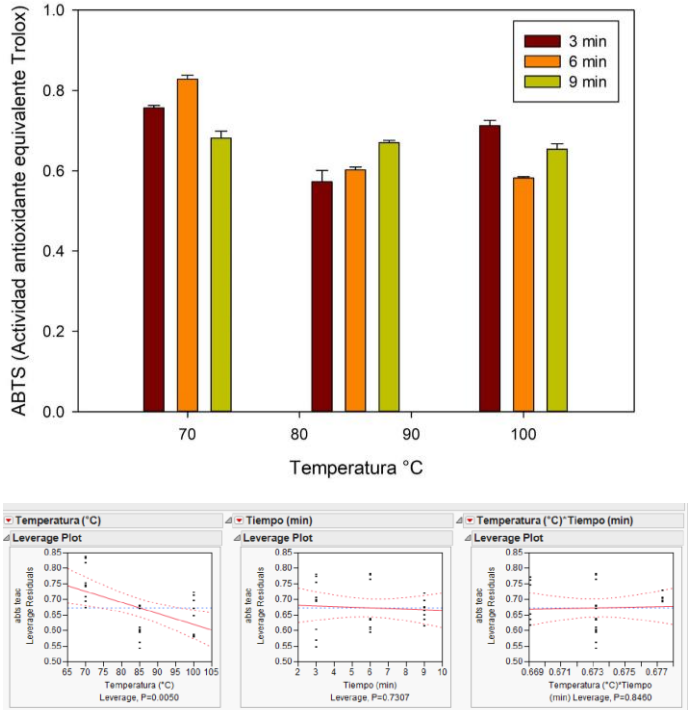


Figura 4. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la actividad antioxidante (ensayo ABTS)

Para la actividad antioxidante, se realizaron los ensayos de ABTS y DPPH. Para el ensayo de ABTS, se observó que las muestras se tornaron de diferentes tonalidades de azul, las cuales también estaban presentes dentro de la curva de trolox realizada. Es decir, cualitativamente se observó actividad antioxidante. Estadísticamente, la temperatura es el factor significativo para el ensayo de ABTS ya que los tratamientos con mayor capacidad de inhibir el radical ABTS fueron aquellos de 70 °C, independientemente del tiempo, como se muestra en la Figura 4.

Para el ensayo de DPPH, independientemente de la concentración (0.5, 1, 2 mg/ml), no se observó un cambio de tonalidad morada por lo que las concentraciones equivalentes de trolox son muy bajas, a diferencia del ensayo de ABTS, como se observa en la Figura 5. Aunque estadísticamente, se observa que el tiempo y la temperatura son factores significativos en la captación de radicales para el ensayo de DPPH.

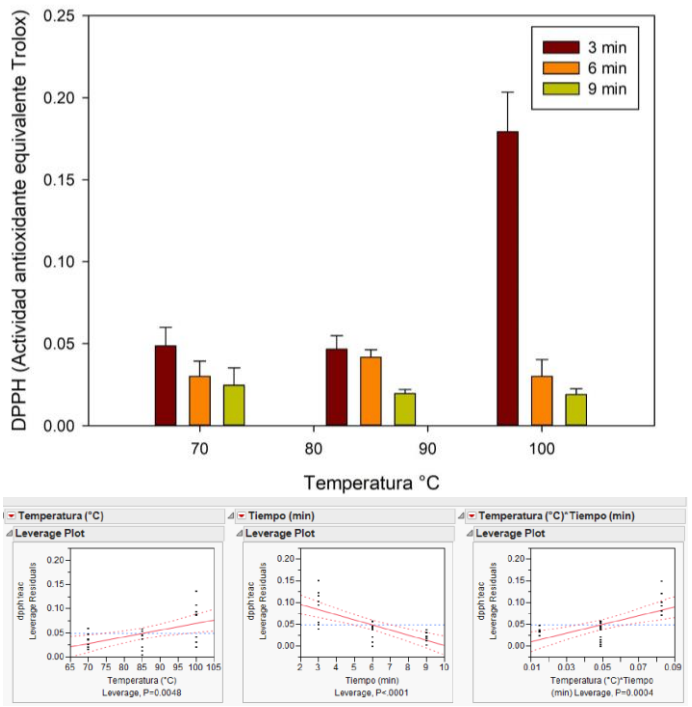


Figura 5. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la actividad antioxidante (ensayo DPPH)

4. Discusión y conclusión

4.1 . Electroforesis

El perfil electroforético de la cinética de hidrólisis (Figura 1) muestra a las principales proteínas de suero lácteo las cuales son β-lactoglobulinas (aproximadamente 20 kDa) y α-lactoalbúminas (entre 15-20 kDa). Sin embargo, no se observan bandas para las cinéticas control ni para los tratamientos lo que indica que hubo una degradación en las muestras por acción de la enzima. Si bien no se puede discutir acerca de los hidrolizados producidos por cada tratamiento, al no haber presencia de bandas, se puede asumir que la ficina degradó a las proteínas del suero lácteo en péptidos menores a 5 kDa.

4.2. Grado de hidrólisis

Tomando el tiempo y la temperatura como factores independientes, a mayor tiempo, se observó mayor grado de hidrólisis. Esto puede ser porque el microondas durante periodos más largos puede tener el efecto de desdoblar las proteínas, por lo que quedan más sitios disponibles para la hidrólisis (Li et al., 2020).

Por otra parte, a menor temperatura hubo mayor grado de hidrólisis. Esto puede estar fundamentado en la agregación de proteínas a mayores temperaturas ya que, cuando las proteínas se agregan, existen menos sitios disponibles para que la enzima escinda. De acuerdo a Buggy et al. (2018), las proteínas más abundantes de la leche, β-lactoglobulinas y α-lactoalbúminas, son globulares. Por eso, el tratamiento de microondas puede ayudar a desdoblar su estructura. Sin embargo, puede ocurrir lo contrario: la agregación. Un monómero de β-lactoglobulina contiene 2 enlaces disulfuro de los cuales uno está libre. Durante el tratamiento de microondas este SH puede agregarse con otros monómeros de β-lactoglobulina. Por otra parte, la α-lactoalbúmina carece de grupos SH libres pero se puede agregar a través de interacciones no covalentes como electrostática e interacciones de van der Waals. Por esta razón, la agregación de α-lactoalbúminas puede ser reversible, mientras que la agregación para β-lactoglobulinas es irreversible.

4.3. Actividad inhibitoria de la ECA

La correlación entre la temperatura y la inhibición de ECA es casi nula, aunque se observa mayor inhibición de la ECA a menores temperaturas. En cambio, el tiempo tiene una correlación sobre la inhibición de ECA, en la cual a mayor tiempo, mayor inhibición. Aunque no hay efectos significativos de los factores del tratamiento ($p>0.05$), el tratamiento que presentó mejor inhibición fue a 100 °C por 9 minutos (75% de inhibición en una concentración de 2 mg/ml de proteína en solución). Esto indica que el porcentaje de hidrólisis no está directamente relacionado con la liberación de péptidos bioactivos. Da Costa et al. (2007) reportaron que un tratamiento térmico puede modificar la hidrofobicidad y la masa molecular de los péptidos, lo que afecta en su actividad inhibitoria. Además, el hecho de que un tratamiento tenga mayor porcentaje de hidrólisis no indica que se liberen los péptidos bioactivos. De acuerdo a Aleixandre et al. (2008), un péptido con residuos hidrófobos Trp, Tyr o Phe en una de las últimas posiciones de su secuencia aumenta su actividad inhibitoria de la ECA. Estos residuos se encargan de unirse a los sitios activos de la ECA y así bloquear su actividad. Esto va relacionado con lo mencionado por da Costa et al. (2007) ya que encontraron que mientras aumentara el tratamiento térmico, los péptidos perdían hidrofilicidad.

4.4. Actividad antioxidante

En el ensayo de inhibición del radical ABTS, se observó que a mayor temperatura, mayor actividad antioxidante. De acuerdo con Dey et al. (2014) los péptidos son vulnerables al tratamiento térmico porque causa agregación. De acuerdo con Gao et al. (2018), además de algunos aminoácidos que tienen acción reductora de sus grupos sulfhidrilo (cisteína y metionina) o donación de protones (triptófano, tirosina, fenilalanina), se ha reportado que la β-lactoglobulina juega un papel importante en la capacidad antioxidante del suero lácteo. Esta proteína es termosensible y sufre modificaciones de conformación reversibles siempre y cuando las temperaturas sean menores a 70 °C. El aumento de temperaturas puede promover su desnaturalización irreversible. Es por eso que los tratamientos a 70 °C

obtuvieron las mayores concentraciones equivalentes de trolox.

En cambio, en el ensayo de DPPH, se observó que la temperatura y el tiempo tienen efecto significativo sobre la actividad antioxidante de los compuestos. A mayor temperatura, mayor fue la actividad antioxidante y entre menor fue el tiempo, mayor fue la actividad antioxidante. Sin embargo, las concentraciones equivalentes de trolox fueron menores a 0.10 por lo que la actividad antioxidante de los compuestos evaluada por este método fue muy baja.

A pesar de que ambos ensayos sirven para observar la actividad antioxidante, en este caso, se podría decir que, según el ensayo DPPH, las proteínas de las muestras tienen actividad antioxidante casi nula. Sin embargo, el ensayo de ABTS muestra lo contrario. Esto puede ser por varias razones. El ensayo ABTS es sensible para identificar la actividad antioxidante debido a la cinética de reacción más rápida, por lo tanto su respuesta a antioxidantes es mayor (Lee et al., 2015). De acuerdo con Pokorna et al. (2015) muchos radicales que reaccionan rápidamente con radicales peróxido pueden ser inertes al DPPH. Además, el DPPH es un radical lipófilo con accesibilidad limitada a los componentes hidrófilos por lo que se requiere de etanol el cual puede precipitar a las proteínas (Liang et al., 2014).

4.5. Relación entre actividad antioxidante e hipertensión

De acuerdo con Baradaran et al. (2014), el estrés oxidativo es un factor para la hipertensión ya que se asocia con una disminución en la biodisponibilidad de óxido nítrico. En pacientes saludables, el endotelio libera óxido nítrico y esto produce relajación vascular. Sin embargo, los radicales libres como el radical superóxido, degradan por inactivación oxidativa al óxido nítrico, produciendo vasoconstricción e hipertensión. Uno de los productores de estos radicales libres es la angiotensina II (producto de la ECA), la cual se asocia con la acumulación de peróxido de hidrógeno y superóxido.

Dado que los hidrolizados mostraron una actividad antioxidante, es posible que tenga la capacidad de captar los radicales libres que se encargan de la inactivación oxidativa del óxido nítrico. Eso aumentaría la biodisponibilidad del óxido nítrico, causando relajación vascular, por lo tanto, una reducción en la presión arterial. Además, los hidrolizados, como mostraron actividad inhibitoria de la ECA, la producción de angiotensina II se vería disminuida, provocando menos acumulación de radicales libres. Entonces, la actividad inhibitoria de la ECA y la antioxidante contribuirían a una disminución en la hipertensión si estos hidrolizados pretratados con microondas se llegaran a consumir.

Cabe destacar que la cinética control, la cual tuvo tratamiento previo con microondas, tuvo mayor porcentaje de hidrólisis 6.96%, el cual es incluso más alto que el tratamiento con mayor DH (85 °C, 6 min). Esto podría sugerir que el tratamiento con microondas, en lugar de desdoblar a las proteínas, las agregó. A pesar de esto, la actividad inhibitoria de la ECA y la antioxidante (ABTS) muestran que la proteína sigue conservando sus aportes nutracéuticos.

El porcentaje de hidrólisis no necesariamente influye en la liberación de péptidos bioactivos. Esto porque el mejor tratamiento para el porcentaje de hidrólisis no resultó ser el mejor ni en actividad inhibitoria de la ECA ni en la antioxidante. Aunque existe una relación entre la actividad antioxidante y la inhibitoria de la ECA, no se pudo determinar un solo tratamiento que sea el mejor para ambas actividades. A pesar de esto, se puede generalizar que diferentes tratamientos liberan diferentes péptidos bioactivos los cuales tienen actividad antioxidante o inhibitoria de la ECA.

Para concluir se puede resaltar que la enzima ficina puede hidrolizar efectivamente las proteínas del suero, efecto que se pudo observar en la electroforesis realizada donde las bandas de proteína desaparecieron completamente. Para observar los tamaños de los fragmentos de manera más detallada sería necesario una electroforesis de mayor poder resolutivo para poder observar los péptidos producidos del tratamiento con microondas. De este modo, se podría inferir los efectos sobre la estructura de las proteínas

y cómo esta modificación afecta a la actividad inhibitoria de la ECA y antioxidante. A partir de las pruebas realizadas se puede decir que con la enzima ficina se generaron péptidos antioxidantes e inhibidores de ECA y estos resultados son independientes del pretratamiento de microondas utilizado.

5. Referencias

Aleixandre, A., Miguel, M., & Muguerza, B. (2008). Péptidos antihipertensivos derivados de proteínas de leche y huevo. Nutrición Hospitalaria, 23(4), 313-318.

Arribére, M., & Caffini, N. (1994). Proteasas de Plantas Superiores. 11. Ficina (EC 3.4. 22.32). Acta Farm. Bonaerense, 13(2), 123-31.

Baradaran, A., Nasri, H., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). Oxidative stress and hypertension: Possibility of hypertension therapy with antioxidants. Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences, 19(4), 358.

Buggy, A. K., McManus, J. J., Brodkorb, A., Hogan, S. A., & Fenelon, M. A. (2018). Pilot-scale formation of whey protein aggregates determine the stability of heat-treated whey protein solutions—Effect of pH and protein concentration. Journal of dairy science, 101(12), 10819-10830.

Cushman, D. W., & Cheung, H. S. (1971). Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. Biochemical pharmacology, 20(7), 1637-1648.

da Costa, E. L., da Rocha Gontijo, J. A., & Netto, F. M. (2007). Effect of heat and enzymatic treatment on the antihypertensive activity of whey protein hydrolysates. International dairy journal, 17(6), 632-640.

Dey, S. S., & Dora, K. C. (2014). Antioxidative activity of protein hydrolysate produced by alcalase hydrolysis from shrimp waste (Penaeus monodon and Penaeus indicus). Journal of food science and technology, 51(3), 449-457.

Gao, F., Zhang, X., Wang, J., Sun, X., & Wang, C. (2018). Systematical characterization of functional and antioxidative properties of heat-induced polymerized whey proteins. Food science and biotechnology, 27(6), 1619-1626.

Gomaa, A. I., Nsonzi, F., Sedman, J., & Ismail, A. A. (2016). Enhanced unfolding of Bovine β-Lactoglobulin structure using microwave treatment: A multi-spectroscopic study. Food biophysics, 11(4), 370-379.

Lee, K. J., Oh, Y. C., Cho, W. K., & Ma, J. Y. (2015). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity Determination of One Hundred Kinds of Pure Chemical Compounds Using Offline and Online Screening HPLC Assay. Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM, 2015, 165457. https://doi.org/10.1155/2015/165457

Li, Z., Wang, J., Zheng, B., & Guo, Z. (2020). Impact of combined ultrasound-microwave treatment on structural and functional properties of golden threadfin bream (Nemipterus virgatus) myofibrillar proteins and hydrolysates. Ultrasonics sonochemistry, 65, 105063.

Liang, N., & Kitts, D. D. (2014). Antioxidant property of coffee components: assessment of methods that define mechanisms of action. Molecules, 19(11), 19180-19208.

Liu, L., Li, X., Du, L., Zhang, X., Yang, W., & Zhang, H. (2019). Effect of ultrasound assisted heating on structure and antioxidant activity of whey protein peptide grafted with galactose. Lwt, 109, 130-136.

Nielsen, P. M., Petersen, D., & Dambmann, C. (2001). Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. Journal of food science, 66(5), 642-646.

Ordoñez Urteaga, R. E. (2021). Efecto de diferentes porcentajes de suero de queso fresco en la formulación y aceptabilidad sensorial de una bebida isotónica.

Pokorna, J., Venskutonis, P. R., Kraujalyte, V., Kraujalis, P., Dvořák, P., Tremlova, B., ... & Ošťádalová, M. (2015). Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast C. Arabica and C. Robusta coffee beans. Acta alimentaria, 44(3), 454-460.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free radical biology and medicine, 26(9-10), 1231-1237.

Tovar-Jiménez, X., Téllez-Jurado, A., Gómez-Aldapa, C. A., Mercado-Flores, Y., & Arana-Cuenca, A. (2021). Antioxidant and antihypertensive activity of bovine whey protein concentrate enzymatic hydrolysates. Biotecnia, 23(1), 161-169.

Villamiel Guerra, M. D. M. (2002). Calentamiento de leche con microondas. Estudio de los principales indicadores de tratamiento térmico. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones

Perfil fenólico y capacidad antioxidante de *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth: una revisión

Ángel Félix Vargas-Madriz[1], Aarón Kuri-García[1], Haidel Vargas-Madriz[2], Roberto Augusto Ferriz-Martínez[1], Luis Gerardo Hernández-Sandoval[3], Jorge Luis Chávez-Servín[1]*, Salvador Horacio Guzmán-Maldonado[4]

[1] Laboratory of Cellular and Molecular Biology, School of Natural Science, Autonomous University of Queretaro, Av. de las Ciencias S/N, Juriquilla, CP 76230 Queretaro, QRO, Mexico

[2] Department of Agricultural Production, University Center of the South Coast, UDG, Av. Independencia Nacional, No 151, CP 48900 Autlan, JAL, Mexico

[3] Botanical Laboratory, School of Natural Science, Autonomous University of Queretaro, Av. de las Ciencias S/N, Juriquilla, CP 76230 Queretaro, QRO, Mexico

[4] Food Laboratory, Bajio Experimental Field, Regional Research Center, INIFAP, Km 6. Carr., Celaya - San Miguel Allende AP 112, CP 38110 Celaya, GTO, Mexico

Autor de correspondencia: Jorge Luis Chávez Servín
Jorge.chavez@uaq.mx

Resumen

Pithecellobium dulce (Roxb) Benth (*P. dulce*), conocido como "guamúchil", es un árbol originario del continente americano. Varias partes del árbol se utilizan en la medicina tradicional, principalmente para tratar trastornos gastrointestinales. Los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de esta planta son en gran parte responsables de los efectos beneficiosos para la salud que se le atribuyen. Varios autores han estudiado la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos del arilo, semilla, hoja y raíz de *P. dulce* utilizando diversas metodologías, las cuales pueden diferir considerablemente en variables como factores ambientales, tipo de secado, temperatura, la forma en que se toma la muestra. se almacena, y el uso de diferentes disolventes en los distintos métodos de extracción. Incluso los métodos de cuantificación por HPLC varían enormemente. Este artículo resume las investigaciones realizadas hasta la fecha para determinar el perfil fenólico y la capacidad antioxidante de *P. dulce*.

Palabras clave: *Pithecellobium dulce*, Guamúchil, compuestos fenólicos, Capacidad antioxidante, Perfil fenólico

Abstract

Pithecellobium dulce (Roxb) Benth (*P. dulce*), known as ‘‘guamúchil’’, is a tree native to the American continent. Various parts of the tree are used in traditional medicine, primarily for treating gastrointestinal disorders. The phenolic compounds and antioxidant capacity of this plant are largely responsible for the beneficial health effects attributed to it. A number of authors have studied the antioxidant capacity and phenolic compounds of the aril, seed, leaf and root of *P. dulce* using various methodologies, which can differ considerably in variables such as environmental factors, type of drying, temperature, the way the sample is stored, and the use of different solvents in the various extraction methods. Even methods of quantification by HPLC vary tremendously. This paper summarizes the existing research carried out to date on determining the phenolic profile and antioxidant capacity of *P. dulce*.

Keywords: *Pithecellobium dulce*, Guamúchil, Phenolic Compounds, Antioxidant capacity, Phenolic profile

Introducción

Desde la antigüedad, las personas se han aprovechado de los efectos biológicos de las plantas como remedios tradicionales para determinadas enfermedades. Aproximadamente el 80% de la población mundial usa plantas medicinales como tratamiento tradicional, principalmente en los países en desarrollo (Lee et al. 2019). El conocimiento empírico en algunas regiones ha identificado plantas útiles para el tratamiento de ciertas enfermedades, pero el uso de una planta determinada como remedio tradicional también depende de las creencias

populares en esa región (Adeniyi et al. 2018). México alberga la mayor cantidad de plantas medicinales del mundo: se estima que alberga aproximadamente 3000 plantas con usos etnobotánicos. En 2012, el 57,4% de la población utilizaba plantas con fines medicinales tradicionales (Alonso-Castro et al. 2017).

Las industrias alimentaria y farmacéutica se han interesado recientemente en analizar algunas plantas medicinales, principalmente su perfil fenólico. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios producidos en las plantas, que las protegen del estrés biótico y abiótico; algunos también tienen efectos beneficiosos para los organismos que los consumen (Szajdek and Borowska 2008; Li et al. 2018). Su estructura química está formada por uno o más anillos aromáticos unidos a al menos un grupo hidroxilo, y según esta estructura se dividen en ácidos fenólicos, fenoles simples, Flavonoides, cumarinas, lignanos y taninos. Varios de estos compuestos tienen una alta capacidad antioxidante, que se cree que ayuda en la prevención de ciertas enfermedades crónicas (Xu et al. 2019; Valduga et al. 2019). Una amplia gama de publicaciones en la literatura científica han informado sobre los procesos de extracción utilizados para determinar los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de dichas plantas, pero las comparaciones entre ellas son difíciles debido a las diferencias en sus métodos de obtención de la materia prima, su procesamiento, los diferentes tipos y mezclas de disolventes utilizados, y expresión de unidades de capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos (Kuri-García et al. 2017). El objetivo de este trabajo es proporcionar una revisión de la literatura en la que se discute en detalle el perfil fenólico y la capacidad antioxidante de *P. dulce*.

P. dulce

P. dulce es un árbol perteneciente a la familia Leguminosae y la subfamilia Mimosoideae. Es originaria de América tropical y está ampliamente distribuida en México en estados como Tamaulipas, San Luis Potosí, Jalisco y Querétaro (Parrotta 1991; CONABIO 2013). *P. dulce* también se ha informado en algunas partes del continente asiático, principalmente en la India en los estados de Tamil Nadu, Haryana, Maharashtra y Bengala Occidental (Megala and Geetha 2010; Pal et al. 2012; Kumar et al. 2013; Nagmoti and Juvekar 2013; Preethi and Saral 2014). En las zonas rurales se le conoce como guamúchil (monkeypod o Madras thorn en inglés). Las hojas están formadas por un par de folíolos que se consideran perennes. La corteza es rugosa y gris. En los meses de febrero a agosto produce una vaina abigarrada verde y roja enrollada, que contiene de 5 a 12 arilos blancos y rosados. El arilo se consume crudo, tostado o mezclado con agua fresca (una bebida con sabor a fruta o té frío) o atole (una bebida caliente hecha con almidón de maíz) (Monroy and Colín 2004). La semilla se puede consumir cruda, tostada, cocida o al curry, según una investigación realizada en India (Nagmoti et al. 2012; Rao 2013). *P. dulce* aril tiene cualidades nutricionales excepcionales dado su alto contenido de carbohidratos y proteínas (Khanzada et al. 2013). Asimismo, la harina de proteína de semilla es rica en grasas y proteínas y minerales como cobre, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc (Rao 2013).

Estudios etnobotánicos mencionan que las diferentes partes del árbol de *P. dulce* se utilizan por sus propiedades analgésicas, antiinflamatorias, antibacterianas, antidiarreicas, antiulcerosas, antioxidantes, hipoglucemiantes y hepatoprotectoras, en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales (Kulkarni y Jamakhandi 2018; Rao et al.2018). Varios investigadores han realizado trabajos de análisis de la composición fenólica y la capacidad antioxidante de *P. dulce* (Megala and Geetha 2010; Kulkarni and Jamakhandi 2018; Rao et al. 2018).

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda utilizando los términos de *Averrhoa carambola L.* sin reducir o limitar los elementos de búsqueda. Fueron consultados un total de 49 publicacaiones en los principales portales científicos (Scopus, PubMed, Science Direct, Springer-Link, Wiley, Redalyc, Google Scholar y Web of Science). La información fue posteriormente analizada y clasificada como se describe a continuación.

Resultados y discusión

El tratamiento de la muestra recolectada es importante para el análisis de los compuestos presentes en el material vegetal. Los estudios revisados en este trabajo analizan el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del arilo, las hojas, el pericarpio y la semilla. Los diferentes tratamientos reportados en los análisis de *P. dulce* se describen en la (Tabla 1). Para muestras secas, los reportes en P. dulce indican que este proceso puede realizarse a temperatura ambiente, a la sombra o en condiciones de poca luz. Dado que muchos compuestos en la materia vegetal son susceptibles a la luz, no es aconsejable secar la materia vegetal directamente al sol (Bachir et al. 2016). Se recomienda el uso de envases de color ámbar o revestidos con papel de aluminio para evitar la exposición a la luz y la pérdida de compuestos de interés. Además, muchos de los componentes son termolábiles, por lo que no se recomiendan altas temperaturas de secado. Es preferible secar a temperaturas que oscilen entre 30 y 60 C y en condiciones de poca luz (Złotek et al. 2019). Los autores que realizaron el secado al horno en *P dulce*, reportaron temperaturas que oscilan entre 40 y 60 ºC.

Los estudios analizados muestran una amplia variabilidad en los datos reportados (Tabla 3-5). Esto puede deberse a varios factores, que pueden incluir la ubicación geográfica, la biología vegetal y el proceso de tratamiento de la muestra. El primero de ellos implica diferentes condiciones agroclimáticas como la contaminación del aire, los rayos UV, las precipitaciones, la temperatura, el ataque de insectos, la estación del año y la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo, todo lo cual afecta la expresión de metabolitos secundarios (Rezende et al. 2015). También está la forma en que se procesa el material biológico para identificar compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las plantas. Esto a su vez se puede dividir en el proceso de secado y el proceso de extracción.. Por tanto, el método de

Tabla 1. Tratamiento de la muestra previo a la extracción de las diferentes partes de *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth

Muestra de la planta	Tratamiento de la muestra	Referencia
Arilo	El arilo se lavó y fue cortado a la mitad.	Samee et al. (2006)
Arilo	El arilo se lavó, se secó a temperatura ambiente y posteriormente la muestra seca se pulverizó y homogeneizo.	Megala and Geetha (2010)
Arilo	El arilo se liofilizó para su extracción.	Kubola et al. (2011)
Arilo	El arilo se secó a temperatura ambiente en condiciones de poca luz. La muestra se molió y se tamizó.	Preethi and Saral (2014)
Arilo	El arilo se lavó y se secó en un horno a 60 ºC y posteriormente se molió y se tamizó hasta obtener un polvo fino.	Cheema et al. (2017)
Arilo	Se limpió la muestra y se separó el arilo de la semilla. La muestra se liofilizo en condiciones de poca luz, se molió y se almacenó a -20 ºC	Wall-Medrano et al. (2016)
Arilo	El arilo se liofilizo y se molió en un molino, luego se pasó a través de un tamiz de 0,44 mm. La muestra se almacenó a - 20 ºC en condiciones de poca luz.	López-Angulo et al. (2018)
Arilo	El arilo se cortó en trozos y se secó a temperatura ambiente. A continuación, la muestra se molió en un mortero.	Suganthi and Josephine (2018)
Hojas	Las hojas se limpiaron con agua y la muestra se dejó secar a temperatura ambiente, luego se molió en un molino.	Sugumaran et al. (2008)
Hojas	Las hojas se limpiaron con agua del grifo y con agua destilada, se dejaron secar en un horno a 40 ºC hasta que alcanzó un peso constante, luego se molió y almacenó en recipientes herméticos a temperatura ambiente.	Kumar et al. (2013)
Semilla	Las semillas se limpiaron y se secaron en ausencia de luz solar. La muestra de la planta se secó en un horno de aire caliente a 40 ºC, luego se pulverizó en un molinillo mezclador y se usó para la extracción con solvente.	Nagmoti et al. (2012)
Semilla	Las semillas frescas se limpiaron para eliminar el polvo adherido y luego se secaron a la sombra. Las muestras secas se pulverizaron en un molinillo mezclador hasta obtener un polvo grueso y este se utilizó para la extracción con disolventes.	Nagmoti and Juvekar (2013)

La información se presenta según lo descrito por los autores.

extracción es fundamental para ser selectivo y evitar interferencias según la técnica de análisis (Rajha et al. 2014; Kafkas et al. 2018). Según la literatura reportada sobre métodos de extracción en arilo, las hojas y semillas de *P. dulce* son diversas (Tabla 2). Esto

dificulta la comparación de los resultados. Algunos autores utilizan un agitador orbital (Megala and Geetha 2010; Kubola et al. 2011); otros se basan en la extracción soxhlet asistida por microondas (Preethi and Saral 2014), la sonicación (López-Angulo et al. 2018) o el aparato soxhlet (Katekhaye and Kale 2012), y otros solo mencionan el uso de centrifugación (Manna et al. 2011). El proceso de extracción es fundamental para separar los compuestos de interés de la matriz vegetal. Uno de los sistemas tradicionales más comúnmente reportados es el aparato soxhlet. Las limitaciones de este tipo de extracción son que requiere grandes cantidades de solventes, la muestra normalmente no se puede agitar y requiere un período de tiempo prolongado, lo que provoca la disminución de compuestos por oxidación (Arceusz et al. 2013).

Tabla 2. Estudios que han reportado procesos de extracción para diferentes partes de *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth

Muestra de la planta	Proceso de extracción	Referencia
	Extracción acuoso	
Arilo	El arilo se cortó en trozos pequeños y se homogeneizó en tampón fosfato 50 mM, con un pH de 7,2 y a una temperatura de 4 C, se centrifugó a 12.000 g durante 30 min y luego se liofilizo.	Manna et al. (2011)
Arilo	10 g de muestra en polvo en 100 mL de agua destilada durante 2 ha 60 ºC, luego la muestra se filtró, se liofilizo y se almacenó a 4 ºC.	Megala and Geetha (2010)
Arilo	Utilizando polvo seco de arilos maduros, se extrajeron durante 18 h, y después de 24 h el extracto se filtraron y se secaron a 45 ºC.	Raju and Jagadeeshwar (2014)
Hojas	El polvo se desengrasó con éter de petróleo a 60-80 C. La extracción se llevó a cabo durante 18 h, tras lo cual el extracto se filtró y se rotaevaporó hasta un valor de extracción óptimo de 18,58% p / p.	Sugumaran et al. (2008)
Hojas	500 g de muestra en polvo en 1500 mL de agua destilada durante 24 ha temperatura ambiente; luego, el extracto se filtró y se rotaevaporó y se almacenó a 4 °C.	Kumar et al. (2013)
Hojas	25 g de muestra en polvo en 250 mL de agua, y se dejó extraer por 48 h; luego se filtró el extracto y se rotaevaporó, y finalmente el extracto se almacenó a 4 ºC.	Poongodi and Hemalatha (2015)
	Extracción con etanol y solventes polares mixtos	
Arilo	10 g de muestra en polvo en 100 mL de etanol al 70% durante 8 ha 60 ºC. A continuación, la muestra se filtró, se evaporó, se liofilizo y se almacenó a 4 °C.	Megala and Geetha (2010)
Arilo	20 g de muestra en polvo en 200 mL de etanol al 80% mediante extracción Soxhlet asistida por microondas, a una temperatura del 50% (350 Watts) durante 3 h; finalmente, el extracto se evaporó y se almacenó a 4 ºC.	Preethi and Saral (2014)
Hojas	La muestra de polvo seco se desengrasó con éter de petróleo a una temperatura de 60-80 ºC. La extracción se realizó con alcohol (95% v / v) durante 18 h, luego de lo cual el extracto se filtró y rotoevaporó hasta el valor de extracción óptimo de 17,93% p / p.	Sugumaran et al. (2008)
	Extracción con metanol y solventes polares mixtos	
Arilo	Se extrae 1 g de material liofilizado en 10 ml de metanol al 80% a temperatura ambiente usando un agitador orbital a 180 rpm durante 2 h. La mezcla se centrifugó a 1400 g durante 20 min y el sobrenadante se decantó en un vial de 30 ml. El sedimento se volvió a extraer como se describió anteriormente y los sobrenadantes se utilizaron para los análisis posteriores.	Kubola et al. (2011)
Arilo	1 g de muestra de polvo en 50 mL de solvente con HCl al 1% durante 24 h a temperatura ambiente, y el contenido se centrifugó durante 5 min.	Suganthi and Josephine (2018)
Hojas	500 g de muestra en polvo en 1500 mL de metanol durante 24 h a temperatura ambiente, luego de lo cual el extracto se filtró y rotaevaporó, luego se almacenó a 4 °C	Kumar et al. (2013)
Semilla	Las semillas en polvo secadas al aire se extrajeron en un extractor Soxhlet sucesivamente con éter de petróleo seguido de metanol. Los extractos se concentraron mediante evaporador rotatorio al vacío y se secaron.	Nagmoti et al. (2012)
Semilla	Se extraen 100 g de muestra en polvo mediante un aparato Soxhlet y el extracto se rotaevaporó y se almacenó en refrigeración.	Nagmoti and Juvekar (2013)

Solo se menciona la información disponible en cada una de las referencias

En el caso del agitador orbital, la muestra de la planta se mezcla con el volumen de disolvente que se utilizará a una velocidad de agitación específica. Este proceso proporciona una mayor interacción superficial entre el solvente y las partículas vegetales, y así favorece la extracción de compuestos fenólicos,

que migran de la matriz vegetal al solvente. En comparación con el método soxhlet tradicional, el agitador orbital utiliza menos disolvente y temperaturas más bajas (Arceusz et al. 2013). Sin embargo, debido a la relación entre el soluto y el solvente, en ocasiones se utilizan grandes volúmenes de solvente, lo que aumenta el costo y el tiempo requerido para extraer los compuestos de interés. Con el objetivo de mejorar el rendimiento de la extracción, el tiempo requerido y la cantidad de solventes, recientemente se han vuelto más populares métodos menos tradicionales, como la extracción por ultrasonido (De Souza et al. 2018). La extracción por ultrasonidos constituye uno de los procesos de extracción más simples y convenientes. Emplea vibraciones mecánicas generadas por ondas sonoras ([20 kHz) para extraer compuestos bioactivos (Tzima et al. 2018). Este método es una buena alternativa a los métodos tradicionales, ya que es muy simple, más respetuoso con el medio ambiente y reduce los tiempos de extracción (Tanase et al. 2019). En un estudio se evalúa el rendimiento de extracción, el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de la corteza de *F. religiosa* según el método de extracción (Ashraf et al. 2016). Los autores utilizan tres técnicas (agitador orbital, sonicación y agitador magnético) y cuatro disolventes (etanol absoluto, metanol absoluto, etanol acuoso al 80% y metanol acuoso al 80%). Informan una mayor concentración de TPC, TFC y capacidad antioxidante por la aplicación de sonicación con 80% de metanol, en comparación con las otras técnicas. Probablemente esto se deba a la fuerza ejercida por las ondas sonicadoras, que permiten una mejor separación de estos compuestos en comparación con las otras dos técnicas. En otro estudio se evalúa la influencia de los tratamientos de sonicación y extracción por solvente sobre compuestos fenólicos y antioxidantes en carambola (*Averrhoa carambola* L.) (Annegowda et al. 2012). Estos autores utilizan tratamientos de sonicación a diferentes intervalos (0, 15, 30, 45 y 60

Tabla 3. Compuestos fenólicos reportados en diferentes partes de *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth.

Solvente/Muestra de la planta	Proceso de extracción	Referencia
Extracción acuoso		
Arilo	TPC: 230.1 ± 31.8 µg GAE/g of FW	Samee et al. (2006)
Arilo	TPC: 3.1 ± 0.08 mg GAE/mL peso seco; Flavonoides: 55.4 ± 1.5 mg/g peso seco	Manna et al. (2011)
Arilo	TPC: 10.4 ± 1.0 mg GAE/g	Megala and Geetha (2010)
Arilo	TPC: 45.1 ± 1.0 mg GAE/g peso seco, Flavonoides: 55.4 ± 1.5 mg/g peso seco	Pal et al. (2012)
Arilo	Flavonoides: (+), Tanninos: (+)	Raju and Jagadeeshwar (2014)
Hoja	Flavonoides: (+), Taninos: (-)	Sugumaran et al. (2008)
Hoja	Fenoles: (+), Flavonoides: (+),Taninos: (+)	Poongodi and Hemalatha (2015)
Semilla	TPC: 1.3 ± 0.006 mg GAE/g de extracto, Flavonoides: (?)	Nagmoti et al. (2012)
Extracción con etanol y solventes polares mixtos		
Arilo	TPC: 26.5 ± 1.3 mg GAE / g	Megala and Geetha (2010)
Arilo	TPC: 1370.5 ± 0.6 mg / 100 g aril powder Antocianinas : 50.5 ± 0.5 mg /100 g polvo de arilo, TPC: 993.3 ± 0.4 mg /100 g polvo de arilo	(Preethi and Saral 2014) Rao et al. (2011)
Arilo	Flavonoides: (+), Taninos: (+)	Raju and Jagadeeshwar (2014)
Arilo	TPC: 622.5 mg GAE / g DM, TFC: 2.8 mg QE / g DM; Fenoles: (+++), Flavonoides: (+)	Preethi and Saral (2014)
Extracción con metanol y solventes polares mixtos		
Arilo	TPC: 3.8 ± 0.1 mg GAE / g, TFC: 2.1 ± 0.2 mg GAE / g de material seca	Kubola et al. (2011)
Arilo rojo	Antocianinas : <1 mg C3GE / 100 g FW, Taninos: 148.2 ± 48 mg CE / 100 g FW, TFC: 50.0 ± 2.7 mg QE / 100 g FW, TPC: 392.2 ± 5 mg GAE / 100 g FW	Pío-León et al. (2013)
Arilo blanco	Antocianinas : 25.9 ± 0.5 mg C3GE / 100 g FW, Taninos: 309.2 ± 49 mg CE / 100 g FW, TFC: 86.6 ± 9.5 mg QE / 100 g FW, TPC: 517.8 ± 42 mg GAE / 100 g FW	

Arilo	Taninos: 0.2 ± 0.2 g / 100 g, TPC: 1.3 ± 0.2 g / 100 g	Suganthi and Josephine (2018)
Hojas	Anthraquinonas: (+++), Flavonoides: (++), Taninos: (++)	Kumar et al. (2013)
Semilla	TPC: 1.7 ± 0.0035 mg GAE / g de extracto; Flavonoides: (+)	Nagmoti et al. (2012)
Semilla	TFC: 6.3 ± 0.1 mg E.R / g DW extract, TPC: 1.7 ± 0.0035 mg GAE / g DW	Nagmoti and Juvekar (2013)

CE: Equivalentes de catequina, ER: Equivalente de rutina, DM: Masa seca, DW: Peso seco, FM: Materia fresca, FW: Peso fresco GAE: Equivalente de ácido gálico, QE: Equivalente de quercetina, TAE: Equivalente de ácido tánico, TFC: Flavonoide total Compuestos, TPC: compuestos fenólicos totales.

min.) Extraídos en metanol y agua. El tiempo en el que reportan mayor rendimiento de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante es de 30 min en extractos metanólicos. También observan que, a mayores tiempos, tanto los compuestos fenólicos como la capacidad antioxidante comienzan a disminuir. En algunos casos, se ha informado de que una sonicación prolongada ([40 min) en frecuencias superiores a 20 kHz podría tener un efecto perjudicial sobre los componentes de interés. Este efecto se atribuye a la reducción del área y la velocidad de difusión, pero también al aumento de la distancia de difusión, lo que puede conducir a un rendimiento mínimo de fenoles y Flavonoides. Además, puede ocurrir una posible formación de radicales libres (Tzima et al. 2018).

Otra posible razón de la variabilidad de los resultados obtenidos por los diferentes autores pueden ser factores intrínsecos a un mismo método de extracción, como disolventes o mezcla de disolventes, y la relación entre sólido y líquido, tamaño de partícula y temperatura y tiempo de extracción (Rajha et al. 2014). En relación a los disolventes encontrados en esta revisión, las mezclas de disolventes hidroalcohólicos, principalmente etanol-agua 80/20 (v / v), presentaron una mayor cantidad de compuestos fenólicos en comparación con los extractos metanólicos y acuosos. Esto puede deberse a la polaridad y solubilidad que genera la mezcla de etanol-agua, así como a su afinidad con los compuestos fenólicos de la planta (Kim et al. 2007). Por otro lado, los extractos acuosos están relacionados con compuestos hidrófilos, pero el agua sola puede extraer otro tipo de impurezas como azúcares, ácidos orgánicos y proteínas solubles, que pueden interferir en el análisis de resultados de compuestos fenólicos mediante ensayos espectrofotométricos (Mokrani and Madani 2016).

Tabla 4. Capacidad antioxidante reportados en diferentes partes de *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth.

Solvente/Muestra de la planta	Proceso de extracción	Referencia
	Extracción acuoso	
Arilo	DPPH: 31.8 ± 5.9 µm TEAC / g FW	Samee et al. (2006)
Arilo	DPPH: 41.8% inhibición , Fe^{+2}: 44.1% inhibición , NO: 26.0% inhibición , OH: 554.0 IC_{50} µg/mL, SO: 64.2% inhibición	Megala and Geetha (2010)
Arilo	DPPH: 35.7 IC50 µg / mL, FRAP: 50.7 IC50 µg / mL, NO: 81.8 IC50 µg / mL	Kumari (2017)
Arilo	DPPH: 81.9% inhibición , O2• –: 82.1% inhibición , OH: 52.6% inhibición , NO: 49.8% inhibición , TBARS: 42.9% inhibición	Nagmoti et al. (2012)
	Extracción con etanol y solventes polares mixtos	
Arilo	DPPH: 44.5% inhibición , Fe2+: 76.9% inhibición , NO: 34.2% inhibición , OH: 415.6 µg/mL, SO: 69.6% inhibición	Megala and Geetha (2010)
Arilo	La actividad antioxidante, IC_{50} % de concentración inhibidora de extracto de etanol: 167.0 mg / g	(Preethi and Saral 2014) Preethi and Saral (2014)
	Extracción con metanol y solventes polares mixtos	
Arilo	DPPH: 92.2 ± 0.1% inhibición , FRAP: 0.9 ± 0.04 mmol FeSO4 / g	Kubola et al. (2011)
Arilo rojo	ABTS: 224.8 ± 16 mg VCE / 100 g FW, DPPH: 223.4 ± 12 mg VCE / 100 g FW	Pío-León et al. (2013)
Arilo blanco	ABTS: 155.9 ± 14 mg VCE / 100 g FW, DPPH: 170.9 ± 14 mg VCE / 100 g FW	
Arilo	ABTS: 142.2 ± 8.1µmol TE / g, DPPH: 41.4 ± 5.1 µmol TE / g	López-Angulo et al. (2018)
Hojas	DPPH: 74.8 IC50 µg / mL, FRAP: 13.7 IC50 µg / mL, NO: 67.4 IC50 µg / mL	Kumari (2017)

Semilla	DPPH: 85.4% inhibición , OH: 58.3% inhibición , NO: 52.9% inhibición , SO: 88.0% inhibición , TBARS: 67.3% inhibición	Nagmoti et al. (2012)

ABTS: ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico); DPPH: ensayo de 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo; Fe + 2: actividad de peroxidación lipídica inducida por ascorbato; FeSO4: sulfato de hierro (II); FDE: extracto liofilizado; FRAP: ensayo de poder antioxidante reductor férrico; FW: peso fresco; H2O2: ensayo de eliminación de peróxido de hidrógeno, HOCl: eliminación de ácido hipocloroso; NO: actividad captadora de óxido nítrico; 1O2-: captador de oxígeno singlete; O2 • -: captador de aniones superóxido; OH: actividad captadora de radicales hidroxilo; SO: superóxido de actividad captadora de aniones; TAC: capacidad antioxidante total; TBARS: prueba de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico; TE: equivalentes de trolox; y TEAC: ensayo de capacidad antioxidante equivalente a trolox; VCE: equivalentes de vitamina C. Resultados presentados según lo informado por los autores.

En los estudios analizados, el tiempo y la temperatura difieren en cada una de las metodologías de extracción. Los tiempos de extracción varían de 1 min a 72 h, mientras que la temperatura utilizada varía de 4 a 96 C. Además, algunos autores relatan realizar la extracción de compuestos fenólicos a temperatura ambiente. En el caso de las extracciones metanólicas, la mayoría de los estudios se realizaron a temperatura ambiente (Tabla 3). El tiempo y la temperatura de extracción son fundamentales, como ya se mencionó, ya que el tiempo prolongado y las altas temperaturas pueden provocar oxidaciones y disminuir el rendimiento de los componentes de interés (Khoddami et al. 2013).

En los últimos años, una amplia diversidad de métodos no convencionales para extraer compuestos fenólicos se ha vuelto cada vez más frecuente. Los más comunes son: Extracción asistida por ultrasonido (EAU), Extracción asistida por microondas (MAE), Extracción asistida por ultrasonido y microondas (UMAE), Extracción de fluido supercrítico (SFE), Extracción de agua subcrítica (SCWE) y Procesamiento de alta presión hidrostática (HHPP). En comparación con los métodos tradicionales, estas nuevas técnicas requieren menos tiempo y menos solvente (Kafkas et al. 2018). Sin embargo, muchos laboratorios utilizan equipos tradicionales acompañados de una técnica moderna. Un estudio informa que el uso de extracción soxhlet asistida por microondas durante 3 ha una temperatura del 50% (350 Watts) con 80% de etanol obtiene más compuestos fenólicos que lo reportado por otros autores en extractos acuosos, metanólicos y etanólicos (Preethi and Saral 2014).

Tabla 5. Identificación de compuestos fenólicos de *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth.

Solvente/Muestra de la planta	Técnica usada	Compuestos fenólicos identificados	Referencia
Acuoso/Arilo	RP-HPLC	Ácido gálico, quercetina y digitonina	Pal et al. (2012)
Acetonitrilo/Arilo	RP-HPLC	Ácido clorogénico y catequina	Wall-Medrano et al. (2016)
Etanol/Arilo	HPLC-UV	Daidzeína: 0,1 mg / 100 g Kaempferol: 0,2 mg / 100 g Naringina: 0,2 mg / 100 g Quericitina: 0,3 mg / 100 g Rutina: 0,6 mg / 100 g	Megala and Geetha (2010)
Metanol/Arilo	RP-HPLC	Ácido gálico: 12,37 ± 2,36 mg / g de muestra seca Ácido protocatechico: 3,59 ± 1,69 mg / g de muestra seca ácido p-hidroxibenzoico: NR Ácido corogénico: NR Ácido vainílico: NR Ácido cafeico: 18,69 ± 1,09 mg / g de muestra seca Ácido siríngico: NR ácido p-cormárico: 12,36 ± 1,81 mg / g muestra seca Ácido ferúlico: 12,35 ± 1,11 mg / g de muestra seca Ácido sinapicnico: NR Apigenina: 2,6 ± 0,8 mg / g de muestra seca	Kubola et al. (2011)

		Kaempferol: 0,8 ± 0,01 mg / g de muestra seca Luteolina: 120,8 ± 7,4 mg / g de muestra seca Miricetina: 54,2 ± 4,4 mg / g de muestra seca Rutina: 2,6 ± 0,1 mg / g de muestra seca Quercetina: 21,4 ± 4,1 mg / g de muestra seca	
Metanol/Arilo rojo	HPLC-DAD-ESI-MS	Cianidina 3-O-glucósido, pelargonidina 3-O-glucósido	López-Angulo et al. (2018)

NR: No reportado; Resultados presentados según lo informado por los autores

Conclusión

Esta revisión describe las diversas metodologías que los diferentes autores han utilizado para determinar el perfil fenólico y la capacidad antioxidante de *P. dulce*. Se ha reportado la presencia de varios compuestos fenólicos en diferentes partes del árbol de *P. dulce* utilizando diferentes solventes en diferentes proporciones como agua, etanol, metanol, cloroformo y éter de petróleo. Los compuestos reportados son: ácido cafeico, ácido clorogénico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido p-cumárico, ácido protocatecuico, apigenina, catequina, daidzeína, kaemferol, luteolina, quercetina, miricetina, naringina y rutina. Sin embargo, el perfil fenólico y la capacidad antioxidante de *P. dulce* varía en todas las investigaciones encontradas. Estas variaciones se deben tanto a factores agroclimáticos como a la amplia variedad de métodos de preparación de muestras y formas de extracción de los compuestos, incluidos diferentes disolventes, combinaciones de disolventes y tiempos de extracción. Las técnicas de análisis reportadas para la determinación de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante también varían ampliamente. Finalmente, los resultados pueden reportarse a partir del estudio de materia fresca, materia seca o extracto liofilizado, lo que dificulta aún más la interpretación y comparación de resultados en las diferentes investigaciones. Actualmente, existen varios tipos de técnicas de extracción no convencionales (UAQ, MAE, UMAE, SFE, SCWE y HHPP) que utilizan menos disolventes y ofrecen tiempos de extracción más cortos. Esto los convierte en alternativas útiles para futuras investigaciones. Además, para identificar compuestos fenólicos específicos, se pueden utilizar técnicas modernas como UHPLC, UHPLC-MS / MS y LC-Q-TOF-MS / MS.

Referencias

Adeniyi A, Asase A, Ekpe PK, et al (2018) Ethnobotanical study of medicinal plants from Ghana ; confirmation of ethnobotanical uses , and review of biological and toxicological studies on medicinal plants used in Apra Hills Sacred Grove. J Herb Med 14:76–87. https://doi.org/10.1016/j.hermed.2018.02.001

Alonso-Castro AJ, Domínguez F, Maldonado-Miranda JJ, et al (2017) Use of medicinal plants by health professionals in Mexico. J Ethnopharmacol 198:81–86. https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.12.038

Arceusz A, Wesolowski M, Konieczynski P (2013) Methods for Extraction and Determination of Phenolic Acids in Medicinal Plants: A Review. Nat Prod Commun 8:1821–1829. https://doi.org/10.1177/1934578X1300801238

Ashraf A, Bhatti IA, Sultana B, Jamil A (2016) Study of Variations in the Extraction Yield , Phenolic Contents and Antioxidant Activities of the Bark of F . religiosa as a Function of Extraction Procedure. J Basic Appl Sci 12:8–13

Bachir BM, Richard G, Meziant L, et al (2016) Effects of sun-drying on physicochemical characteristics, phenolic composition and in vitro antioxidant activity of dark fi g varieties. J Food Process Preserv 41:e13164. https://doi.org/10.1111/jfpp.13164

Cheema J, Yadav K, Sharma N, et al (2017) Nutritional Quality Characteristics of Different Wild and Underutilized Fruits of Terai Region, Uttarakhand (India). Int J Fruit Sci 17:72–81. https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1160271

Chutipaijit S, Sutjaritvorakul T (2018) Comparative study of total phenolic compounds , flavonoids and antioxidant capacities in pigmented and non-pigmented rice of indica rice varieties. J Food Meas Charact 12:781–788. https://doi.org/10.1007/s11694-017-9692-1

CONABIO (2013) Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. Mimosaceae. In: Com. Nac. para el Conoc. y Uso la Biodivers.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/45-legum38m.pdf

Dai J, Mumper RJ (2010) Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. molecules 15:7313–7352. https://doi.org/10.3390/molecules15107313

De Souza MM, Da Silva B, Costa CSB, Badiale-Furlong E (2018) Free phenolic compounds extraction from Brazilian halophytes, soybean and rice bran by ultrasound-assisted and orbital shaker methods. An Acad Bras Cienc 90:3363–3372. https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170745

Gallegos-Zurita M (2016) Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. An la Fac Med 77:327–332

Kafkas NE, Kosar M, Oz AT, Mitchell AE (2018) Advanced Analytical Methods for Phenolics in Fruits. J Food Qual 2018:1–6. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/3836064

Kalavani R, Banu RS, Jeyanthi KA, et al (2016) Evaluation of anti-inflammatory and antibacterial activity of Pithecellobium dulce (Benth) extract. Biotechnol Res 2:148–154

Katekhaye SD, Kale MS (2012) Antioxidant and free radical scavenging activity of Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth wood bark and leaves. Free Radicals Antioxidants 2:47–57. https://doi.org/10.5530/ax.2012.3.7

Khanzada SK, Khanzada AK, Shaikh W, Ali SA (2013) Phytochemical studies on Pithecellobium dulce Benth. A medicinal plant of Sindh, Pakistan. Pak J Bot 45:557–561

Khoddami A, Wilkes MA, Roberts TH (2013) Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. Molecules 18:2328–2375. https://doi.org/10.3390/molecules18022328

Kim J, Chang S, Kim I, et al (2007) Design of optimal solvent for extraction of bio-active ingredients from mulberry leaves. Biochem Eng J 37:271–278. https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.05.006

Krishnaveni M, Lavanya K, Magesh P, et al (2014) Free radical scavenging activity of selected plants. World J Pharm Pharm Sci 3:765–775

Kubola J, Siriamornpun S, Meeso N (2011) Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. Food Chem 126:972–981. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.11.104

Kulkarni K V, Jamakhandi VR (2018) Medicinal uses of Pithecellobium dulce and its health benefits. J Pharmacogn Phytochem 7:700–704

Kumar M, Nehra K, Duhan J. (2013) Phytochemical analysis and antimicrobial efficacy of leaf extracts of Pithecellobium dulce. Asian J Pharm Clin Res 6:70–76

Kumari S (2017) Evaluation of Phytochemical Analysis and Antioxidant and Antifungal Activity of Pithecellobium Dulce Leaves' Extract. Asian J Pharm Clin Res 10:370. https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i1.15576

Kuri-García A, Chávez-Servín JL, Guzmán-Maldonado SH (2017) Phenolic profile and antioxidant capacity of Cnidoscolus chayamansa and Cnidoscolus aconitifolius: A review. J Med Plants Res 11:713–727. https://doi.org/10.5897/JMPR2017.6512

Lee C, Kim S-Y, Eum S, et al (2019) Ethnobotanical study on medicinal plants used by local Van Kieu ethnic people of Bac Huong Hoa nature reserve, Vietnam. J Ethnopharmacol 231:283–294. https://doi.org/10.1016/J.JEP.2018.11.006

Li Z, Shi W, Cheng L, et al (2018) Screening of the phenolic profile and their antioxidative activities of methanol extracts of Myrica rubra fruits , leaves and bark. J Food Meas Charact 12:128–134. https://doi.org/10.1007/s11694-017-9623-1

López-Angulo G, Montes-Avila J, Sánchez-Ximello L, et al (2018) Anthocyanins of Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. Fruit Associated with High Antioxidant and α-Glucosidase Inhibitory Activities. Plant Foods Hum Nutr 73:308–313. https://doi.org/10.1007/s11130-018-0693-y

Manna P, Bhattacharyya S, Das J, et al (2011) Phytomedicinal role of pithecellobium dulce against ccl4-mediated hepatic oxidative impairments and necrotic cell death. Evidence-based Complement Altern Med 2011:1–17. https://doi.org/10.1093/ecam/neq065

Megala J, Geetha A (2010) Free radical-scavenging and H+, K+-ATPase inhibition activities of Pithecellobium dulce. Food Chem 121:1120–1128. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.059

Mokrani A, Madani K (2016) Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (Prunus persica L.) fruit. Sep Purif Technol 162:68–76. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.01.043

Monroy R, Colín H (2004) El guamúchil Pithecellobium dulce (Roxb .) Benth , un ejemplo de uso múltiple. Madera y Bosques 10:35–53

Nagmoti DM, Juvekar AR (2013) In vitro inhibitory effects of Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. seeds on intestinal α-glucosidase and pancreatic α -amylase. J Biochem Technol 4:616–621

Nagmoti DM, Khatri DK, Juvekar PR, Juvekar AR (2012) Antioxidant activity and free radical-scavenging potential of Pithecellobium dulce Benth seed extracts. Free Radicals Antioxidants 2:37–43. https://doi.org/10.5530/ax.2012.2.7

Pal PB, Pal S, Maná P, Sil PC (2012) Traditional extract of Pithecellobium dulce fruits protects mice against CCl4 induced renal oxidative impairments and necrotic cell death. Pathophysiology 19:101–114. https://doi.org/10.1016/J.PATHOPHYS.2012.02.001

Parrotta JA (1991) Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. Guamuchil. In: Bioecología de Arboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. p 5

Pío-León JF, Díaz-Camacho S, Montes-Avila J, et al (2013) Nutritional and nutraceutical characteristics of white and red *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth fruits. Fruits 68:397–408. https://doi.org/10.1051/fruits/2013084

Poongodi T, Hemalatha R (2015) In vitro cytotoxicity, phytochemistry and GC-MS analysis of pithecellobium dulce leaves. World J Pharm Pharm Sci 4:1266–1276

Porras-Loaiza A., López-Malo A (2009) Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. TSIA 3:121–134

Preethi S, Saral MA (2014) GC-MS Analysis of Microwave Assisted Ethanolic Extract of Pithecellobium dulce. Malaya J Biosci 1:242–247

Rajha HN, Darra N El, Hobaika Z, et al (2014) Extraction of Total Phenolic Compounds , Flavonoids , Anthocyanins and Tannins from Grape Byproducts by Response Surface Methodology . Influence of Solid-Liquid Ratio , Particle Size , Time , Temperature and Solvent Mixtures on the Optimization Process. Food Nutr Sci 2014:397–409

Raju K, Jagadeeshwar K (2014) Phytochemical Investigation and Hepatoprotective Activity of Ripe Fruits of Pithecellobium dulce in Albino Rats. Sch Acad J Pharm 3:449–454

Rao BG, Samyuktha P, Ramadevi D, Battu H (2018) Review of literature: phyto pharmacological studies on pithecellobium dulce. J Glob Trends Pharm Sci 9:4797–4807

Rao GN (2013) Physico-Chemical, Mineral, Amino Acid Composition, in Vitro Antioxidant Activity and Sorption Isotherm of Pithecellobium dulce L. Seed Protein Flour. J Food Pharm Sci 1:74–80. https://doi.org/10.14499/JFPS

Rao GN, Nagender A, Satyanarayana A, Rao DG (2011) Preparation, chemical composition and storage studies of quamachil (Pithecellobium dulce L.) aril powder. J Food Sci Technol 48:90–95. https://doi.org/10.1007/s13197-010-0135-9

Rezende WP, Borges LL, Santos DL, et al (2015) Effect of Environmental Factors on Phenolic Compounds in Leaves of Modern Chemistry & Applications. Mod Chem Appl Rezende 3:. https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000157

Samee W, Engkalohakul M, Nebbua N, et al (2006) Correlation Analysis between Total Acid, Total Phenolic and Ascorbic Acid Contents in Fruit Extracts and Their Antioxidant Activities. Thai Pharm Heal Sci J 1:196–203

Suganthi A, Josephine RM (2018) Evaluating the Chemical Analysis Profile of Some Lesser Known Edible Fruits. Indo Am J Pharm Sci 05:815–820. https://doi.org/10.5281/zenodo.1174321

Sugumaran M, Vetrichelvan T, Darlin Quine S (2008) Free Radical Scavenging Activity of Folklore: Pithecellobium dulce Benth. Leaves. Ethnobot Leafl 12:446–451

Szajdek A, Borowska EJ (2008) Bioactive compounds and health-promoting properties of Berry fruits: A review. Plant Foods Hum Nutr 63:147–153. https://doi.org/10.1007/s11130-008-0097-5

Tanase C, Coșarcă S, Muntean D-L (2019) A Critical Review of Phenolic Compounds Extracted from the Bark of Woody Vascular Plants and Their Potential Biological Activity. Molecules 24:1182. https://doi.org/10.3390/molecules24061182

Tzima K, Brunton NP, Rai DK (2018) Qualitative and Quantitative Analysis of Polyphenols in Lamiaceae Plants — A Review. Plants 7:1–30. https://doi.org/10.3390/plants7020025

Valduga AT, Gonçalves IL, Magri E, Delalibera Finzer JR (2019) Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. Food Res Int 120:478–503. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.10.091

Wall-Medrano A, González-aguilar GA, Loarca-piña GF, et al (2016) Ripening of Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. [Guamúchil] Fruit: Physicochemical, Chemical and Antioxidant Changes. Plant Foods Hum Nutr 71:396–401. https://doi.org/10.1007/s11130-016-0575-0

Xu J, Wang W, Li Y (2019) Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. J Funct Foods 52:629–639. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2018.11.052

Złotek U, Gawlik-dziki U, Dziki D, et al (2019) Influence of Drying Temperature on Phenolic Acids Composition and Antioxidant Activity of Sprouts and Leaves of White and Red Quinoa. J Chem 2019:2–8

Flujo genético de *Draba nivicola* en islas alpinas mexicanas.

Velázquez-Sierra, Beatriz Araceli, Hernández-Sandoval Luis. Steinmann W. Victor, Martínez Mahinda, Zamora-Tavares Pilar, Salinas-Rodríguez, Magdalena.

Resumen

Draba nivicola Rose (Brassicaceae), es una planta herbácea, arrosetada, pionera que vive a más de 4,000 msnm, en la porción centro-oriental de la Faja Volcánica Transversal Mexicana. Con el fin de conocer la historia evolutiva y el patrón biogeográfico de esta especie, se estudió la estructura genética de esta especie. A través de análisis moleculares de 40 individuos de *D. nivicola* de cinco volcanes, se amplificaron regiones del genoma nuclear (*ITS*) y de cloroplasto (*mat*K, *trn*S-*trn*G). Se analizó la diversidad genética en DnaSP v6, se construyeron redes de haplotipos en ArtPop y árboles genealógicos en MrBayes para inferir la historia del flujo genético de las poblaciones de *D. nivicola.* La diversidad genética es alta, el flujo genético es intermedio y pareciera estar mediado a través del polen más que por la dispersión de semillas. El patrón biogeográfico de *D. nivicola* se puede explicar por medio de una colonización este-oeste promovida por una dinámica de volcanismo reciente y el efecto de conectividad de poblaciones en altitudes más bajas durante el periodo glacial.

Abstract

Draba nivicola Rose (Brassicaceae), is a pioneering rosette-shaped herbaceous plant that lives at more than 4,000 meters above sea level, in the central-eastern portion of the Mexican Transversal Volcanic Belt. In order to know the evolutionary history and the biogeographic pattern of this species, the genetic structure of this species was studied. Through molecular analysis of 40 individuals of *D. nivicola* from 5 volcanoes, regions of the nuclear genome (*ITS*) and chloroplast (*mat*K-*trn*K, *trn*S-*trn*G) were amplified. Genetic diversity was analyzed in DnaSP v6, haplotype networks were constructed in ArtPop and genealogical trees were made in MrBayes to infer the history of the gene flow of the *D. nivicola* populations. Genetic diversity of this species is high, gene flow is intermediate, and it appears to be mediated through pollen rather than seed dispersal. The biogeographic pattern of *D. nivicola* can be explained by an east-west colonization promoted by a dynamic of recent volcanism and the effect of connectivity of populations at lower altitudes during the glacial period.

Palabras claves

haplotipo, biogeografía, especie endémica, FVTM
haplotype, biogeography, endemic species, TMVB

Introducción

La vegetación alpina en México es un ecosistema extremo y vulnerable que contiene una biota única, con poca riqueza de especies, pero con muchos endemismos (Ramírez-Amezcua *et al*. 2016). Se distribuye de manera discontinua, aislada y puntual en las cimas de los 16 edificios volcánicos más altos del país (Rzedowski, 2006), de las diferentes provincias biogeográficas montañosas como la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transversal Mexicana (FVTM). En la FVTM han ocurrido los cambios geológicos más recientes, generando los volcanes más grandes durante el Pleistoceno (Ferrari *et al.* 2012). La evolución histórica de la FVTM se divide en cuatro episodios: 1) Mioceno temprano a tardío (~19 – 8 Ma), 2) Pulso máfico en el Mioceno tardío a Plioceno temprano, de oeste a este (11 – 3 Ma), 3) Volcanismo silícico (~7.5 – 3 Ma), y 4) Plioceno tardío-Cuaternario (Ferrari *et al.* 2012). Otros estudios añaden la aparente migración de norte a sur de la actividad volcánica en el Plio-Cuaternario (0.01 Ma) (Cadoux *et al.* 2011). El episodio final se caracteriza por la construcción de grandes estratovolcanos hace

1.5 Ma, algunos de ellos siguen activos (Ferrari *et al*. 2012; Gómez-Tuena *et al.* 2007).

Las especies de *Draba*, el género más grande de Brassicaceae, tienen preferencia por hábitats extremos, son un modelo para estudiar migración, aislamiento de poblaciones, diversidad y variación genética (Koch *et al.* 2003). El origen del género *Draba* ocurrió en algún lugar entre la región de Asia central y las montañas del Cáucaso. Las especies del grupo central de *Draba* se mantuvieron estables durante el Plioceno y hace 2.3 Ma, durante el comienzo del Peistoceno, tuvieron una expansión. Los linajes extintos de *Draba* probablemente ocurrieron durante el Mioceno hace 16 Ma (Jordon-Thaden, 2010), producto de la radiación de la mayoría de especies de Brassicaceae durante esa época (Jordon-Thaden y Koch, 2008). En México hay 12 especies de *Draba* distribuidas principalmente en la alta montaña y en ecosistemas áridos en el norte del país (Rollins, 1993). *Draba nivicola* Rose es una especie herbácea perenne, endémica a la porción centro-oriental de la FTVM y es pionera en el pastizal alpino se encuentra en elevaciones mayores a 4,000 msnm en donde convive con el resto de la vegetación alpina *(Castilleja tolucensis, Oreomyrrhis orizabae, Plantago tolucensis, Draba jorullensis, Luzula racemosa, Senecio procumbens y Trisetum spicatum)* (Steinmann *et al.* 2017).

Los picos de la FVTM proveen un modelo adecuado para examinar como montañas de latitud baja pueden facilitar la persistencia de la biodiversidad a largo plazo, así como eventos de especiación alopátricos y parapátricos dirigidos por cambios climáticos y geológicos (Mastretta-Yanes *et al.* 2015). La tectónica, el volcanismo y las glaciaciones del Pleistoceno alteraron de gran manera el paisaje de regiones montañosas e influyeron en la distribución de especies (Ruzzante *et al.* 2006). En Europa y Norte América se conoce el efecto de las glaciaciones en la diversidad de especies. La presente estructura genética de las poblaciones se formó en las eras de hielo del Cuaternario. El Pleistoceno con sus eras del hielo, ocurrieron hace 2.5 Ma y el último periodo post-glacial de calentamiento comenzó hace 15,000 años (Hewitt, 2011). Un ejemplo de las interacciones de procesos geológicos con las glaciaciones, es la compleja historia filogeográfica del muérdago *Psittacanthus calyculatus* (Pérez-Crespo *et al.* 2017), en la que la diferenciación genética responde a uno de los escenarios (colonización) descritos por Mastretta-Yanez, *et al.* (2015).

El levantamiento de la FVTM ha jugado un papel importante en la dirección de las diversificaciones inter e intraespecífica a lo largo del eje en plantas, ya sea como corredor este-oeste (Ruiz-Sanchez y Specht 2013), como barrera geográfica (Pérez-Crespo *et al*. 2017; Anguiano-Constante *et al*. 2021) y como refugio (Aguirre- Planter *et al.* 2000; Ruiz-Sanchez *et al.* 2012; Ruiz-Sanchez y Ornelas, 2014).

El presente trabajo tiene como finalidad explicar la filogeografía de la especie endémica de Brassicaceae alpina o de montaña, *D. nivicola*, en los picos aislados de la FVTM; para ello se analizó la estructura genética de a las poblaciones y se construyeron árboles genealógicos y mapas de haplotipos de 4 marcadores moleculares que sugirieron la historia del flujo genético de estas poblaciones Debido a que *D. nivicola* se encuentra restringidas en los picos de la FVTM, se espera que presente una diversidad genética baja entre los individuos de cada población, bajo flujo genético y una alta diferenciación genética entre poblaciones.

Metodología

Se seleccionaron 5 poblaciones de la región centro oriental de la FVTM, procedentes del Estado de México, y Veracruz. Los sitios fueron elegidos de acuerdo con los registros de Steinmann *et al.* (2017). Se colectó material vegetal de los siguientes sitios: Nevado de Toluca, Cerro Tláloc, Cofre de Perote y Pico de Orizaba. Se muestrearon al menos 10 individuos separados entre ellos por al menos tres metros. La Dra. Yocupitzia Ramírez Amezcua colaboró con tres muestras del Iztaccíhuatl. Todos los individuos de *D. nivicola* se encontraron entre 4,100 y 4,400 msnm. Los muestreos se hicieron en febrero, junio y julio de 2020. El material vegetal (1 g) fue resguardado en sílica gel hasta la extracción genética. La extracción de material genético, amplificación de fragmentos y secuenciación se llevaron a cabo en el LANIVEG: Laboratorio Nacional de Investigación y Caracterización Vegetal, en Zapopan, Jalisco, en

colaboración con el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), durante los meses de octubre y noviembre del año 2020.

El ADN fue extraído mediante el método CTAB. Se amplificó la región nuclear *ITS* con los cebadores diseñados por Cheng *et al.* 2016. Para las regiones de cloroplasto: *mat*K-*trn*K, y *trn*S-*trn*G, se usaron los cebadores de Johnson & Soltis, 1994 y Hamilton, 1999, respectivamente. Los productos de las amplificaciones exitosas fueron separados por electroforesis capilar en un secuenciador ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (ThermoFisher Scientific).

Las secuencias fueron alineadas en MEGA v.10.1.8 (Stetcher *et al*. 2020) con el algortimo MUSCLE. Posteriormente, se hizo un análisis de polimorfismos, es decir, se calcularon las medidas estándar de diversidad genética, diversidad haplotípica (Hd), diversidad nucleotídica (π), sitios segregantes (S) y número de haplotipos, en DNAsp v6. En vista de que los marcadores genéticos pueden estar sometidos a la selección natural o deriva génica, se hicieron las pruebas de neutralidad (D de Tajima y F's de Fu). Se construyeron redes de haplotipos con el algoritmo Network en el programa PopArt, con la información de los marcadores *ITS*, *mat*K-*trn*K y *trn*S-*trn*G por separado. Con el fin de vislumbrar la historia genealógica de las poblaciones de *D. nivicola*, se construyó una matriz de 74 secuencias por 331 pares de bases del marcador *trn*S-*trn*G, que incluyen como grupos externos a *Draba nemorosa*, *Lepidium draba* y *Lepidium propinquum*. Los grupos externos fuero seleccionados con base a la filogenia del género *Draba* y sus especies cercanas de acuerdo con Jordon-Thaden *et al.* (2010). En esta matriz se incluyeron 40 secuencias de *D. jorullensis*, especie hermana mexicana de *D. nivicola*. Todas las secuencias de los grupos externos fueron obtenidas de GenBank. El modelo evolutivo para esta matriz fue probado en JModelTest v.2.1, se seleccionó el mejor modelo para la matriz de acuerdo con el criterio de información de Akaike (AIC) y se construyó la genealogía con inferencia bayesiana (IB) en el programa MrBayes v.3.2.7.

La matriz fue corrida con un modelo configurado con una distribución del tamaño de población tipo lognormal (4.6, 2.3), un reloj relajado con distribución lognormal (-1.6, 0.10) y un reloj coalescente, el número de generaciones de cadenas marcovianas de Monte Carlo (MCMC) fue de 2'000'000, posteriormente se quemaron el 25% de las corridas y de los árboles con una probabilidad posterior mayor a 0.05 y finalmente se visualizaron los árboles en FigTree v1.4.4. Las fechas de divergencia están basadas en el modelo de reloj coalescente y en el reloj relajado con distribución normal.

Resultados

La matriz de datos genéticos de *ITS* de *D. nivicola* (40 individuos) incluyó un total de 569 pares de bases, 4 gaps y con 21 sitios informativos. La red más parsimoniosa identificó 17 ribotipos (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Resumen de los estadísticos clásicos del análisis de polimorfismos de *D. nivicola*

Marcador/ Estadístico	*ITS*	*trn*S-*trn*G	*mat*K-*trn*K
n	40	39	18
h	17	**38**	13
Hd	0.7	**0.999**	0.928
S	21	**202**	30
k	1.47	48.081	4.647
π	0.002	**0.143**	0.0093
Θ_W	0.0097	0.142	0.0172
D_T	**-2.334***	-0.924	**-1.949***
F_S	-14.851	**-9.626***	**-2.70***
pb	569	368	503

Sec=marcador, n=número de secuencias, h=número de haplotipos, Hd= diversidad haplotípica, S= número de sitios segregantes o informativos, k= el promedio de diferencias en nucleótidos π= diversidad nucleotídica, Θ_W= tasa de mutación de la población. D_T= D de Tajima y F_S= F de Fu. *Valores significativos negativos ($p < 0.05$), en ambas pruebas, revelan eventos históricos de expansión demográfica. Valores máximos en negritas.

Redes de haplotipos

El haplotipo más frecuente fue Hap 1 (25.8%), el cual está presente en todas las poblaciones. El haplotipo 13 fue el segundo más frecuente (3.25%), presente en tres poblaciones (Figura 1, derecha: Nevado de Toluca, Iztaccíhuatl y Tláloc), el resto de los haplotipos fueron únicos y con pocos pasos mutacionales entre ellos. Se formó una horquilla en la

red, entre los haplotipos Hap 1, Hap 3 y Hap 7 (Pico de Orizaba, Cofre de Perote y Tláloc) (Figura 4, izquierda). Las horquillas muestran a los haplotipos cercanamente relacionados, es decir, con los mismos pasos mutacionales entre ellos.

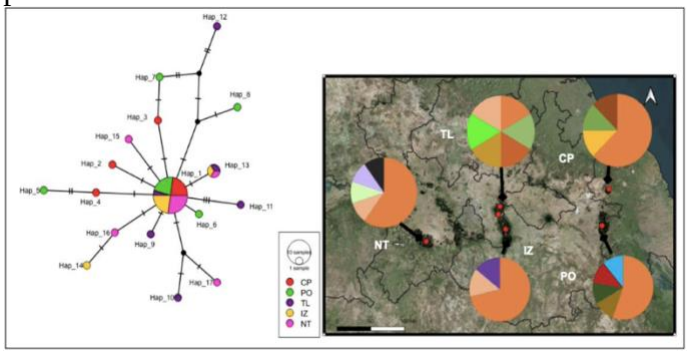


Figura 1. Red de ribotipos (TCS-Network) de Draba nivicola, los colores representan a las poblaciones (izquierda), y distribución de las proporciones de ribotipos en cada población, los colores representan ribotipos (derecha). El número total de ribotipos de D. nivicola es de h=17. NT=Nevado de Toluca, TL=Tláloc, IZ=Iztaccíhuatl, CP=Cofre de Perote, PO=Pico de Orizaba.

La matriz de datos para el marcador *trn*S-*trn*G de *D. nivicola* (39 individuos) incluyó 368 pares de bases, 32 gaps y 202 sitios informativos (Cuadro 1). Además, se identificaron 38 haplotipos en total, en la mayoría de los casos hay más de cinco pasos mutacionales entre cada haplotipo y únicamente un haplotipo de la población Tláloc se repite dos veces (Figura 2). En la red obtenida se visualizan muchas ramificaciones y una sola horquilla entre dos haplotipos del Nevado de Toluca y uno de Tláloc.

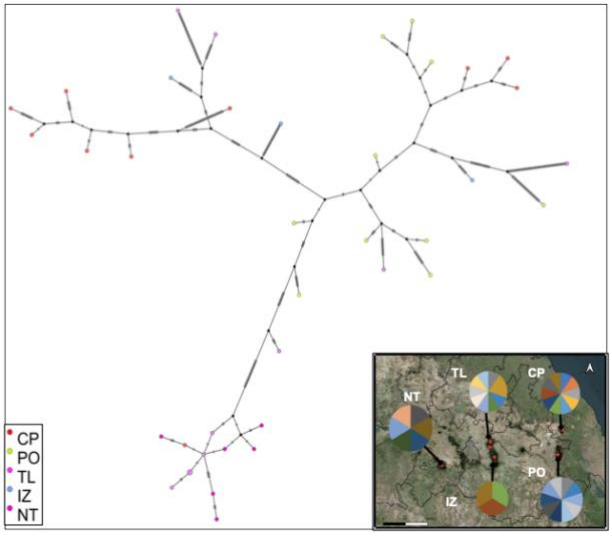


Figura 2. Red de haplotipos (TCS-Network) de *Draba nivicola* del marcador trnS-trnG, los colores representan poblaciones (izquierda) y las proporciones de haplotipos en cada población, los colores representan haplotipos (derecha). El número total de haplotipos (h) fue 38. CP=Cofre de Perote, PO=Pico de Orizaba, TL=Tláloc, IZ=Iztacíhuatl, NT=Nevado de Toluca.

El marcador *mat*K-*trn*K fue el que se amplificó en menor medida (18 individuos), la matriz incluyó 503 pares de bases, 4 gaps y 30 sitios informativos. La red más parsimoniosa identificó 13 haplotipos (Figura 3, izquierda). El haplotipo más abundante fue el Hap 4, compartido entre Cofre de Perote y Tláloc (9.6%) (Figura 3, derecha), siendo más frecuente en el Cofre de Perote (66%). Entre cada haplotipo hay de tres a un paso mutacionales, excepto para el Hap 2 de Tláloc, el cual tiene 17 pasos mutacionales con respecto al Hap 8 de Pico de Orizaba (Figura 3, izquierda). Se encontró un haplotipo central, es decir, que tiene de uno a dos pasos mutacionales con respecto a la mayoría de los haplotipos, el cual fue el Hap 7 de Pico de Orizaba. Se observaron dos horquillas entre haplotipos del Cofre de Perote y Pico de Orizaba.

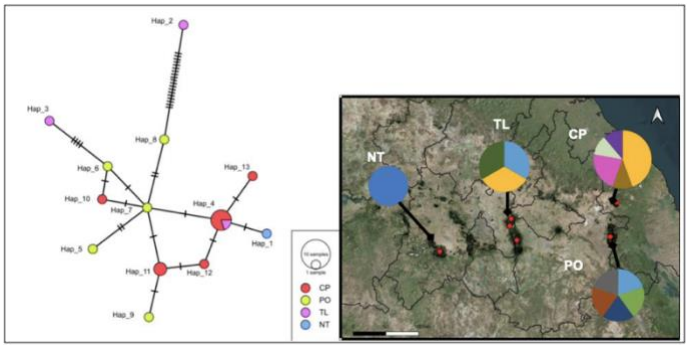


Figura 3. Red de haplotipos (TCS-Network) de Draba nivicola del marcador matK-trnK, los colores representan poblaciones (izquierda) y sus proporciones en cada población, los colores representan haplotipos (derecha). El número total de haplotipos de D. nivicola es h=13. CP=Cofre de Perote, PO=Pico de Orizaba, TL= Tláloc, NT=Nevado de Toluca.

Pruebas de neutralidad

Los valores de las pruebas de neutralidad para todos los marcadores de las poblaciones de *D. nivicola* son negativos. Las secuencias *ITS* y *mat*K-*trn*K, resultaron significantes para la D_T y *trn*G-*trn*S y *mat*K-*trn*K, para la F_S (Cuadro 1). Esto indica una

cantidad notable de haplotipos raros y que las poblaciones han sufrido una reciente expansión, y posiblemente precedidos por un cuello de botella (Hamilton, 2021).

Genealogía

La genealogía basada en el marcador *trn*S-*trn*G, muestra que no hay una clara separación entre *D. jorullensis* y *D. nivicola*. El clado que comprende tanto a *D. nemorosa*, *D. jorullensis* y *D. nivicola*, surgió aproximadamente hace 1.2 Ma y la separación con las secuencias de *Lepidum* spp., ocurrió hace 1.8 Ma. A pesar de que no hay una clara separación entre ambas especies, hubo diferencias de edades de divergencia para algunas poblaciones. Por ejemplo, se sugiere que las secuencias de *D. nivic*ola, del Cofre de Perote y Pico de Orizaba, surgieron entre 800,000 y 600,000 años atrás, en comparación con las mismas poblaciones pero de *D. jorullensis*, las cuales ocurrieron entre 370,000 y 220,000 años atrás respectivamente. Las secuencias más recientes para ambas especies oscilan entre los 60,000 (0.06 Ma) y 15,000 años (0.015 Ma). Algunas secuencias, sobre todo del Nevado de Toluca y del Cofre de Perote de *D. nivicola*, quedan sin resolver, y de manera similar, algunas secuencias del Nevado de Toluca y Pico de Orizaba para *D. jorullensis* quedaron sin resolver (Figura 4).

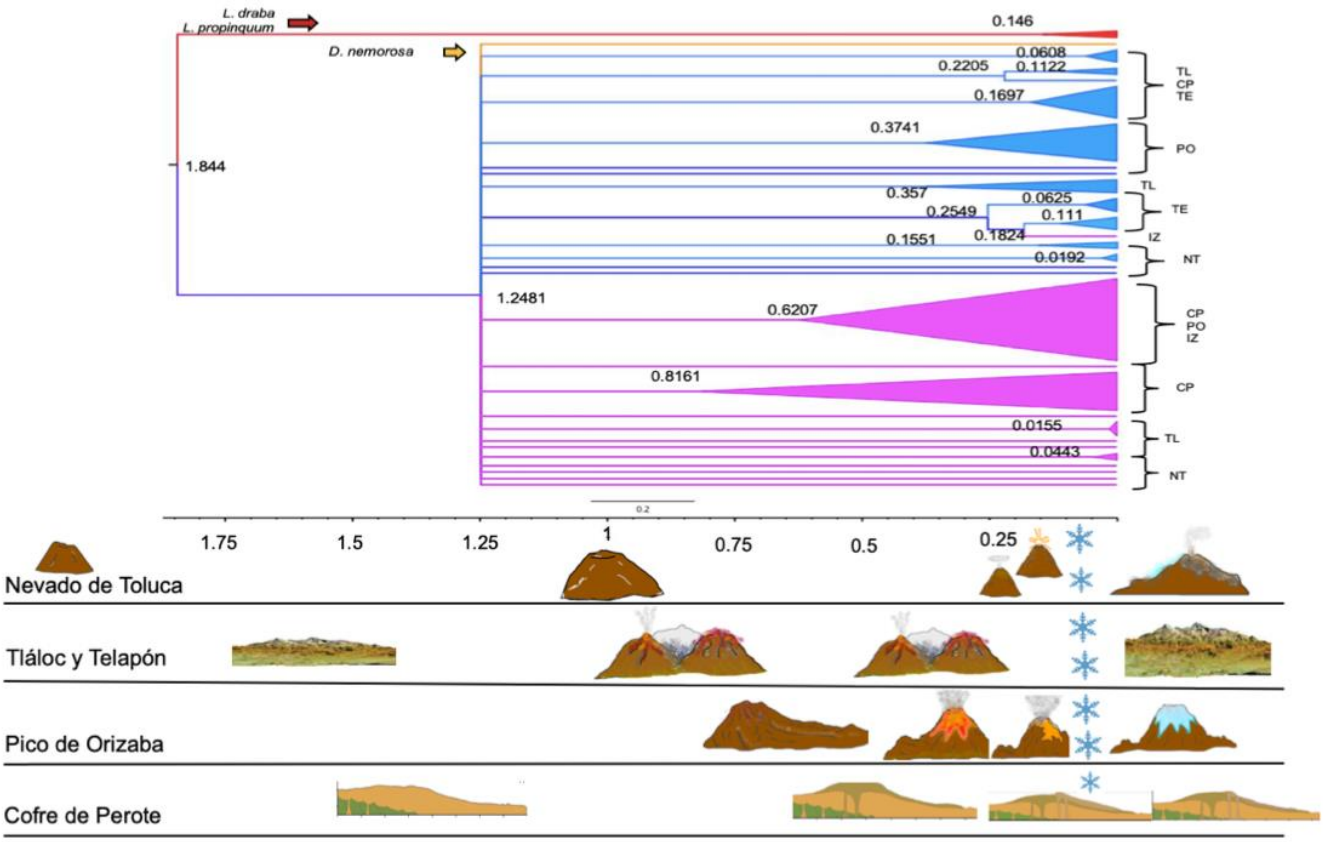


Figura 4. Historia genealógica (arriba) de D. jorullensis (azul) y D. nivicola (rosa) en las poblaciones naturales en la FVTM y la cronología de la formación de los picos principales (abajo), con sus erupciones y última glaciación (asteriscos azules). (Elaboración propia con imágenes modificadas de Carrasco-Nuñez, 2010 y García-Tovar et al. 2015).

Discusión

La diversidad genética de las poblaciones de *D. nivicola*, ya que tanto la diversidad haplotípica (Hd), como la nucleotídica (π) es alta para todos los marcadores. Esto es diferente de lo que se ha encontrado en especies perennes alpinas leñosas, como *Abies*, las cuales tienen una baja diversidad genética y alta diferenciación entre poblaciones (Aguirre-Planter *et al*. 2000). Específicamente, con respecto al marcador nuclear *ITS* de *D. nivicola*, hay un ribotipo está presente en todas las poblaciones en gran porcentaje, esto sugiere que quizás hubo flujo genético nuclear a través del polen, como se ha visto en poblaciones de *Psittacanthus calyculatus* en la FVTM (Pérez-Crespo *et al*. 2017), y esto ha ocurrido durante la última glaciación (Figura 4) De ser posible que exista un flujo genético nuclear, indicaría una posible polinización efectiva por medio de dípteros de las familias Syrphidae, Tachinidae, Muscidae y Anthomyiidae (Inouye, 2020), como se ha visto en otras especies alpinas en América del Sur. Con respecto a la dispersión de semillas en *Draba*, y otras Brassicaceae, se sugiere que uno de los dispersores de semillas podrían ser las aves (entre las plumas) que comparten patrones de vicarianza similares (Jordon-Thaden, 2010). Durante los muestreos en los volcanes visitados, se observaron pequeñas aves paseriformes posando entre la vegetación del zacatonal, posiblemente *Junco phaesonotus* y *Oriturus superciliosus*, estos podrían ser otros candidatos a la dispersión de las semillas de *Draba*. Además, la forma de vida herbácea perenne, como un carácter específico ecológico (Baranzelli *et al.* 2020) de *Draba*, también es un factor importante a notar en la historia del flujo genético.

El patrón del flujo genético observado en las redes de ribotipos, sugiere que el Cofre de Perote es la población ancestral y que este flujo genético ha sido en dirección oeste, hacia los volcanes del centro (Tláloc y Telapón). Para ambas especies, los pocos pasos mutacionales que hay entre los ribotipos del Nevado de Toluca y Cofre de Perote, indican que el Nevado podría ser parte del linaje ancestral, tomando en cuenta que éste (1.3 Ma) y el Cofre de Perote (1.6 Ma) son los picos más viejos del área de estudio. Las redes de haplotipos de cloroplasto sugieren que el flujo genético por medio de dispersión de semillas, se da entre poblaciones cercanas como el Nevado de Toluca y Tláloc. Y debido a que el Cofre de Perote contiene la mayoría de los haplotipos, y estos comparten pocos pasos mutacionales con los haplotipos de otras poblaciones, se sugiere que el Cofre de Perote podría ser la población ancestral

A diferencia de otras especies endémicas raras de la misma familia, *e.g*. el complejo *Streptanthus glandulosus*, cuyas poblaciones se diferenciación en consecuencia del aislamiento en 'islas edáficas' y el poco flujo genético entre ellas (Mayer *et al.* 1994), el flujo genético de las poblaciones de ambas especies de *Draba* en los picos de la porción centro-oriental, no se ve limitado por la distancia entre estas 'islas altitudinales'.
La estimación genealógica y de divergencia, indican que las poblaciones de *D. nivicola* son recientes y corresponden posiblemente a finales del Pleistoceno. La separación del género *Draba* respecto a *Lepidium* sp., es consistente con lo encontrado por Jordon-Thaden (2010) con respecto al grupo central de *Draba*, el cual se originó aproximadamente durante el comienzo del Pleistoceno (edad Gelasiense: 2.6 - 1.8 Ma; Gradstein *et al*. 2012), posteriormente hubo una radiación para el género *Draba* durante las épocas interglaciales y una estabilización de linajes en las épocas glaciales. La dispersión de semillas de *Draba* pudo haber estado relacionada con la fauna del Pleistoceno.

De manera similar, la ausencia de estructura filogeográfica y abundancia de haplotipos únicos de las poblaciones de *D. nivicola*, sugieren que son poblaciones recientes. Además, no hay clados resueltos para cada una de las especies en los árboles de genes, sin embargo, el árbol del marcador *trn*S-*trn*G, muestra que la población del Cofre de Perote de *Draba nivicola* es la más ancestral (0.8 Ma) y que las poblaciones del Nevado de Toluca y Tláloc son más recientes (0.04 y 0.015 Ma). Particularmente, en el caso del Cofre de Perote, cabe señalar que este volcán se formó su principal estructura hace 1.3 – 0.5 Ma

(Carrasco-Nuñez *et al.* 2010), lo que es coherente con la existencia de las poblaciones de *D. nivicola* presentes ahí hace 0.8 Ma. Algunas secuencias de *trn*S- *trn*G del Nevado de Toluca y del Cofre de Perote de *D. nivicola*, y de manera similar, algunas secuencias del Nevado de Toluca y Pico de Orizaba para *D. jorullensis* quedan sin resolver, posiblemente representen secuencias ancestrales (Figura 4).

En consecuencia, la historia demográfica de *D. nivicola*, también se puede pensar en una colonización reciente en dirección este-oeste como se ha visto para otras especies distribuidas en la FVTM (Aguirre-Planter *et al*. 2000; Ruiz-Sánchez y Specht, 2013; Anguiano-Constante *et al*. 2021). Esto concuerda con la edad de los volcanes, siendo el Cofre de Perote el más viejo, seguido del Nevado de Toluca y Tláloc es más joven. Durante el último periodoo glacial, el nivel del límite de la vegetación en las montañas bajó hasta los 1,000 m y la temperatura se mantuvo en un rango de 2 a 9 °C. Es posible que esto pudo haber causado que las poblaciones de tanto *D. nivicola* como *D. jorullensis*, migraran a altitudes más bajas y que se reprodujeran libremente (‘*genetic admixture*’). Además de eso, las poblaciones fueron influenciadas por las fluctuaciones climáticas del Pleistoceno. Los análisis del marcador de cloroplasto *trn*S-*trn*G muestra una radiación de la mayoría de las poblaciones de *Draba* entre los 0.05 – 0-015 Ma. Esto coincide con las fechas de la última glaciación. Posteriormene las poblaciones se contrajeron ligeramente y se mantuvieron en elevaciones más altas una vez que las condiciones fueron cálidas comenzando el Holoceno. *Draba nivicola* es una de las cuatro especies endémicas a la porción centro- oriente de la FVTM y ninguna es exclusiva de un sólo pico (Steinmann *et al.* 2021). Para entender con mayor profundidad la historia de colonización de especies en los picos de la FVTM, es importante estudiar a las demás especies endémicas como *Castilleja tolucensis, Plantago tolucensis* y *Cerastium purpusii*, que posiblemente podrían tener patrones demográficos similares a los de *D. nivicola.* Aunque las poblaciones de *D. nivicola* en la FVTM no se encuentren en un evidente cuello de botella, la protección de los ecosistemas donde habitan, propicia a su vez la conservación del hábitat de otras especies endémicas, especialmente de reptiles y anfibios (Sunny *et al*. 2015).

Conclusiones

La hipótesis propuesta en un principio de la existencia una estructura genética típica de poblaciones aisladas, en *D. nivicola* en las poblaciones naturales de la FVTM es rechazada, ya que los resultados muestran que aparentemente no existe una barrera geográfica que limite el flujo genético y que además estas poblaciones son muy recientes (finales del Pleistoceno). La diversidad genética de las poblaciones de *D. nivicola* de ambas especies es alta. Las poblaciones de *D. nivicola* sufrieron una reciente expansión post-glacial y posiblemente por eso el flujo genético no es bajo y parece estar mediado a través del polen más que por la dispersión de semillas. El patrón biogeográfico de *D. nivicola* se puede explicar por medio de una colonización este-oeste promovida principalmente por las fluctuaciones climáticas (periódos glaciales e interglaciales), además por el volcanismo reciente y el efecto de conectividad de poblaciones en altitudes más bajas durante el periodo glacial.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Planter, E., Furnier, G. R., & Eguiarte, L. E. (2000). Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among populations of species of Abies from southern Mexico and Guatemala. American Journal of Botany, 87(3), 362-371.
- Anguiano-Constante, M. A., Zamora-Tavares, P., Ruiz-Sanchez, E., Dean, E., Rodríguez, A., & Munguía-Lino, G. (2021). Population differentiation and phylogeography in *Lycianthes moziniana* (Solanaceae: Capsiceae), a perennial herb endemic to the Mexican Transition Zone. Biological Journal of the Linnean Society, 132(2), 359-373. https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa198
- Baranzelli, M. C., Cosacov, A., Rocamundi, N., Issaly, E. A., Aguilar, D. L., Camps, G. A., …

Sérsic, A. N. (2020). Volcanism rather than climatic oscillations explains the shared phylogeographic patterns among ecologically distinct plant species in the southernmost areas of the South American Arid Diagonal. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 45, 125542. https://doi.org/10.1016/j.ppees.2020.125542

- Cadoux, A., Missenard, Y., Martinez-Serrano, R. G., & Guillou, H. (2011). Trenchward Plio-Quaternary volcanism migration in the Trans-Mexican Volcanic Belt: The case of the Sierra Nevada range. Geological Magazine, 148(3), 492-506. https://doi.org/10.1017/S0016756810000993
- Carrasco-Núñez, G., Siebert, L., Díaz-Castellón, R., Vázquez-Selem, L., & Capra, L. (2010). Evolution and hazards of a long-quiescent compound shield-like volcano: Cofre de Perote, Eastern Trans-Mexican Volcanic Belt. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 197(1-4), 209-224. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2009.08.010
- Cheng, T., Xu, C., Lei, L., Li, C., Zhang, Y., & Zhou, S. (2016). Barcoding the kingdom Plantae: New PCR primers for ITS regions of plants with improved universality and specificity. Molecular Ecology Resources, 16(1), 138-149. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12438
- Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., & Manea, M. (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. Tectonophysics, 522-523, 122-149. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.09.018
- Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, Ma. T., & Ferrari, L. (2007). Igneous petrogenesis of the Trans-Mexican Volcanic Belt. En S. A. Alaniz-Álvarez & Á. F. Nieto-Samaniego, Geology of México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of Me´xico. Geological Society of America. https://doi.org/10.1130/2007.2422(05)
- Gradstein, F. M. (2012). The geologic time scale 2012 (1st ed). Amsterdam Boston: Elsevier.
- Hamilton. (1999). Four primer pairs for the amplification of chloroplast intergenic regions with intraspecific variation. Molecular Ecology, 8(3), 521-523.
- Hamilton, M. B. (2021). Population genetics (Second edition). Hoboken, NJ: Wiley Blackwell.
- Hewitt, G. M. (2011). Quaternary phylogeography: The roots of hybrid zones. Genetica, 139(5), 617-638. https://doi.org/10.1007/s10709-011-9547-3
- Inouye, D. W. (2020). Effects of climate change on alpine plants and their pollinators. Annals of the New York Academy of Sciences, 1469(1), 26-37. https://doi.org/10.1111/nyas.14104
- Johnson, L. A., & Soltis, D. E. (1994). matK DNA Sequences and Phylogenetic Reconstruction in Saxifragaceae s. Str. Systematic Botany, 19(1), 143. https://doi.org/10.2307/2419718
- Jordon-Thaden, I. (2010). Species and Genetic Diversity of Draba: Phylogeny and Phylogeography. https://doi.org/10.11588/HEIDOK.00010332
- Jordon-Thaden, I., & Koch, M. (2008). Species richness and polyploid patterns in the genus Draba (Brassicaceae): A first global perspective. Plant Ecology & Diversity, 1(2), 255-263. https://doi.org/10.1080/17550870802349112
- Koch, M., Al-Shehbaz, I. A., & Mummenhoff, K. (2003). Molecular Systematics, Evolution, and Population Biology in the Mustard Family (Brassicaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden, 90(2), 151. https://doi.org/10.2307/3298580
- Mastretta-Yanes, A., Moreno-Letelier, A., Piñero, D., Jorgensen, T. H., & Emerson, B. C. (2015). Biodiversity in the Mexican highlands and the interaction of geology, geography and climate within the Trans-Mexican Volcanic Belt. Journal of Biogeography, 42(9), 1586-1600. https://doi.org/10.1111/jbi.12546
- Mayer, M. S., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (1994). The Evolution of the Streptanthus glandulosus Complex (Cruciferae): Genetic Divergence and Gene Flow in Serpentine Endemics. American Journal of Botany, 81(10), 1288-1299. https://doi.org/10.2307/2445405
- Pérez-Crespo, M. J., Ornelas, J. F., González-Rodríguez, A., Ruiz-Sanchez, E., Vásquez-Aguilar, A. A., & Ramírez-Barahona, S. (2017). Phylogeography and population differentiation in the *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) mistletoe: A complex scenario of climate-volcanism interaction along the Trans-Mexican Volcanic Belt. Journal of Biogeography, 44(11), 2501-2514. https://doi.org/10.1111/jbi.13070

- Ramírez-Amezcua, Y., Steinmann, V. W., Ruiz-Sanchez, E., & Rojas-Soto, O. R. (2016). Mexican alpine plants in the face of global warming: Potential extinction within a specialized assemblage of narrow endemics. Biodiversity and Conservation, 25(5), 865-885. https://doi.org/10.1007/s10531-016-1094-x
- Rollins, R. C. (1993). The Cruciferae of continental North America: Systematics of the mustard family from the Arctic to Panama. Stanford, Calif: Stanford University Press.
- Ruiz-Sanchez, E., & Ornelas, J. F. (2014). Phylogeography of *Liquidambar styraciflua* (Altingiaceae) in Mesoamerica: Survivors of a Neogene widespread temperate forest (or cloud forest) in North America? Ecology and Evolution, 4(4), 311-328. https://doi.org/10.1002/ece3.938
- Ruiz-Sanchez, E., Rodriguez-Gomez, F., & Sosa, V. (2012). Refugia and geographic barriers of populations of the desert poppy, *Hunnemannia fumariifolia* (Papaveraceae). Organisms Diversity & Evolution, 12(2), 133-143. https://doi.org/10.1007/s13127-012-0089-z
- Ruiz-Sanchez, E., & Specht, C. D. (2013). Influence of the geological history of the Trans-Mexican Volcanic Belt on the diversification of *Nolina parviflora* (Asparagaceae: Nolinoideae). Journal of Biogeography, 40(7), 1336-1347. https://doi.org/10.1111/jbi.12073
- Ruzzante, D. E., Walde, S. J., Cussac, V. E., Dalebout, M. L., Seibert, J., Ortubay, S., & Habit, E. (2006). Phylogeography of the Percichthyidae (Pisces) in Patagonia: Roles of orogeny, glaciation, and volcanism. Molecular Ecology, 15(10), 2949-2968. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.03010.x
- Rzedowski, J. (1988). Vegetación de Mèxico (4. ed). México: Ed. Limusa.
- Steinmann, V. W., Arredondo-Amezcua, L., Hernández-Cárdenas, R. A., & Ramírez-Amezcua, Y. (2021). Diversity and Origin of the Central Mexican Alpine Flora. Diversity, 13(1), 31. https://doi.org/10.3390/d13010031
- Sunny, A., Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Mendoza-Martínez, G. D., & Martínez-Gómez, D. (2015). Genetic diversity and genetic structure of an endemic Mexican Dusky Rattlesnake (*Crotalus triseriatus*) in a highly modified agricultural landscape: Implications for conservation. Genetica, 143(6), 705-716. https://doi.org/10.1007/s10709-015-9868-8

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SOMOS UAQ
SERVIR CONSTRUIR TRANSFORMAR

MEMORIAS DEL 9° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS DEL ESTADO DE QUERÉTARO

BLOQUE
CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

9° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
E INVESTIGADORAS
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

"Ideas jóvenes para impulsar el crecimiento del país"

INDICE

BLOQUE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Almanza Mendoza Andrea
Bonfil Jiménez Úrsula
Carranza Álvarez Edith Viridiana
Castro Campos Karla Itzel
Díaz Guerrero Karla Paola
Elizondo Sánchez Andrea Itzel
Escamilla Martínez Perla del Refugio
Escobedo Garza Gabriela Gisell
García Rivera Alejandra Guadalupe
Gutiérrez Ramírez Christopher
Hernández Mendoza Paulina
León Granados Ana Laura
Mendoza García Valeria
Nieto Lamadrid Leticia
Pereda Gutiérrez Paulina
Pérez Márquez Yadira
Ramírez Osio Luciana
Rebollo Servín Mónica
Rico Espino Flor del Carmen
Rodríguez Reséndiz Hugo
Rodríguez Valenzuela Diana Isabel
Salas Benítez Carlos Armando
Silva Cruz Juan Francisco
Téllez Rivera Leticia

El duelo adolescente, una mirada del profesorado.

Autor: Andrea Almanza Mendoza
(aalmanza12 @alumnos.uaq.mx)
Asesora: M. en C. Melissa Calderón Carrillo.
Facultad de Psicología
Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

En la actualidad se ha visto el cambio, el proceso y la adaptación en las distintas culturas, que ha conllevado la pandemia por el virus SARS-Cov-2, junto con ello, se vio afectado el modo de vivir propiamente la muerte de los familiares y conocidos, por lo que el proceso de duelo ha cambiado.

El proceso de duelo afecta a distintas áreas del ser humano, dependiendo de la edad, el nivel de comprensión y entendimiento de la muerte, en el caso de los adolescentes, se viven de manera más vívida las emociones, sentimientos y responsabilidades que conlleva el que alguien fallezca, siendo susceptibles a los cambios.

Estos son percibidos por los padres y los profesores, quienes pueden no saber cómo contener a los alumnos. Por lo que haciendo un enfoque en ellos se ha decidido hacer esta investigación para conocer el nivel de comprensión de este tema y las herramientas que manejan para enfrentarlos, a través de una breve entrevista de 10 preguntas dirigida a profesores de nivel secundaria dentro del estado de Querétaro.

Los primeros resultados arrojan de manera alentadora que es un tema que se posiciona de manera central en su propia práctica y se busca una constante actualización de la teoría para poder dar un mejor acompañamiento a los jóvenes.

Palabras clave

Adolescentes, profesores, duelo, pérdidas, pandemia, actualización.

Abstract

Nowadays, the change, the process and the adaptation in the different cultures that the pandemic caused by the SARS-Cov-2 virus has brought about, along with it, the way of living the death of family members and acquaintances has been affected, so the mourning process has changed.

The grieving process affects different areas of the human being, depending on the age, the level of understanding and comprehension of death, in the case of adolescents, they live more vividly the emotions, feelings and responsibilities involved in the death of someone, being susceptible to changes.

These are perceived by parents and teachers, who may not know how to contain the students. Therefore, focusing on them, it has been decided to conduct this research to know the level of understanding of this topic and the tools they handle to face them, through a brief interview of 10 questions directed to high school teachers in the state of Queretaro.

The first results show in an encouraging way that it is a topic that is positioned in a central way in their own practice and a constant updating of the theory is sought in order to give a better accompaniment to young people.

Key words

Adolescents, teachers, grief, loss, pandemic, update.

Introducción

La adolescencia desde Espinosa (2004) es una etapa de elaboración de la identidad definitiva de cada sujeto, que se plasmará en su individualidad adulta.

Cierto es que la necesidad de atención de los adolescentes no sea satisfecha por la sociedad que les rodea, sin caer en las generalizaciones, ya que las condiciones y estilos de vida son una variable incalculable, sin embargo, se denota que existen

ciertas regularidades ante esta situación, incluso especialistas de diversos campos suelen evitarla, por la complejidad que representa.

El duelo es un proceso que es ubicado socialmente como "al estado de aflicción relacionado con la muerte de un ser querido y que puede presentarse con síntomas característicos de un episodio depresivo mayor" (Flores, 2002), presentado en los familiares y amigos más cercanos.

Aunque no sería sensato concluir que la muerte de un ser querido es el único motivo que lo dirige, se pueden incluir una variedad de procesos psicológicos y psicosociales, que pueden parecer insignificantes son los motores para iniciar un proceso de duelo.

Se tienen reacciones emocionales similares como la tristeza, el llanto, la desesperanza por mencionar algunos, y a su vez provocan una disfunción a nivel social, laboral, escolar, y demás esferas sociales a las que se esté inserto.

El uso de estos tres términos puede llegar a causar conflicto, puesto que en muchas ocasiones no se tiene claro a qué se refiere cada uno de ellos, pero en el caso de los adolescentes estas palabras pueden causar desconcierto o ser de completo desconocimiento, aunque las pérdidas durante esta etapa sean continuas, en muchas de las ocasiones no pueden nombrar lo que está sucediendo.

Los tres términos se refieren a distintas reacciones psicológicas de quienes sobrellevan una pérdida significativa.

Siguiendo a Flores (2002) El duelo es el sentimiento subjetivo provocado por la muerte de un ser querido. Suele utilizarse como sinónimo de luto […] El trabajo de duelo se entiende la serie de procesos psicológicos que, comenzando con la pérdida, termina con la aceptación de la nueva realidad. El luto se refiere al proceso mediante el cual se resuelve el duelo, a la expresión social de la conducta y las prácticas posteriores a la pérdida […] Es preferible hablar del luto para referirnos a los aspectos y manifestaciones socioculturales y socio-religiosas de los procesos psicológicos del duelo. El sentimiento de pérdida es el estado de sentirse privado de alguien a consecuencia de la muerte.

El duelo adolescente según Lillo (2004) puede agruparse en las siguientes categorías:

- Duelo por el cuerpo infantil perdido.
- Duelo por el rol y la identidad infantil que le obliga a una renuncia de la dependencia infantil y a una aceptación de responsabilidades, que en muchas ocasiones desconoce.
- Duelo por los padres de la infancia a los que persistentemente trata de retener en su mundo interior, buscando el refugio y la protección que ellos significan.
- A estos duelos hay que añadir el duelo por la bisexualidad infantil que también se perderá en aras de conseguir una identidad sexual clara y definida.

Cabe aclarar que si bien es cierto que el duelo inicia cuando las personas deciden iniciarlo, se observa que un duelo normal puede en general pasar sin ningún problema, aunque tarde más de 6 meses, sin embargo, debe de existir una atención especial en los siguientes signos, puesto que un duelo podría terminar en un duelo patológico.

Según Herrera (2018), que estos focos serían:

- Negación del dolor y alardes de fuerza y madurez.
- Síntomas de depresión, dificultades para dormir, impaciencia, baja autoestima.
- Fracaso escolar o indiferencia hacia las actividades extraescolares.
- Deterioro de las relaciones familiares o con los amigos.
- Mencionar el suicidio como posibilidad de reencuentro con la persona fallecida.
- Conductas de riesgo: abuso del alcohol y otras drogas, peleas, relaciones sexuales sin medidas preventivas.

Mientras que Peña (2015), denota que el resultado de la reacción de un adolescente hacia la muerte depende de tres factores principales:

- La estabilidad psicológica del adolescente.
- La estabilidad general de la familia.
- La disponibilidad de oportunidades para compartir los sentimientos acerca de la pérdida y de recibir apoyo de personas significativas, en especial de los padres.

Durante la adolescencia, época donde el estudio sigue siendo un eje principal en la vida, la escuela carga con un gran peso, ya que es el "segundo hogar", en donde los amigos y figuras docentes son los principales actores que contienen al adolescente, después o en algunas ocasiones, en lugar de su familia; pero, ¿están preparados para afrontar esa realidad y responsabilidad? ¿se saben acercar a estos jóvenes y en todo caso se acercan a ellos?

Es común que en una institución al adolescente se le dirija con una figura para entonces desconocida, como lo menciona, de la Herrán Gascón & Cortina Selva, (2008) "[…] Lo habitual es remitir al orientador/a, que suele ser una figura desconocida para el niño y con la que antes no existía ninguna clase de vínculo".

Es verdad de Perogrullo que una reacción lógica es querer acompañar al doliente después de conocer el contexto, pero ¿cómo acompañar?

Se necesita de acompañar de manera empática, en su proceso a su ritmo, a esta persona, colocándolo en el centro, siempre hasta donde se sea capaz y hasta donde nos permita esta persona.

De la Herrán Gascón & Cortina Selva (2008) han aportado lo que nombran como fuentes de conocimiento que refieren a la forma de cómo obtener el conocimiento a como poder actuar, tales fuentes se describen a continuación:

- Fuentes externas personales. El intercambio con otras personas. El famoso ¿Y tú qué harías?
- Fuentes externas bibliográficas. Pueden ofrecer nuevas alternativas y puntos de vista. Es conveniente asegurarse de su solvencia, buscar propuestas variadas y de profesionales versados y distintos.
- Fuente externa e interna a la vez (el otro en nosotros como fuente de conocimiento). Desde la comunicación educativa de acompañamiento establecida con el niño, se puede acceder a su nivel de conocimiento como recurso. Si no se interfiere en su proceso de duelo, si no se le impide que recorran su tristeza, sea suficiente para que puedan avanzar.
- Fuente interna. El cultivo de uno mismo y como consecuencia de ello la propia madurez, son los referentes mediatos más fiables de cualquier comportamiento didáctico.

Así mismo, dependiendo del contexto y de la situación en general existen tips que ayudan al profesorado con respecto a cómo actuar frente a los adolescentes o alumnado en general, de igual forma de como propiciar espacios seguros para el bienestar del afligido, De la Herrán Gascón & Cortina Selva (2008) convocan a una actuación acertada, recomendando los siguientes puntos:

- Generar una empatía, que apoye al afligido y a su círculo cercano, otorgándoles herramientas que pueden usar.
- Acompañar, pues desde una posición diferente y con una perspectiva distinta se le puede transmitir la idea de que queremos y podemos compartir con él su dolor y tristeza.
- Favorecer el dialogo que facilite la elaboración conjunta del duelo individual y colectivo.
- Mirada y escucha sensible.
- Introducción al ofrecimiento de ayuda. La segunda tarea consiste en posibilitar una actuación.
- No confrontar creencias, ni siquiera reforzar las creencias de terceros, claramente

hablar y actuar de una forma respetuosa y al mismo tiempo rigurosa.

"Cuando la escuela se interesa por los alumnos y alumnas que viven una pérdida, e incita a sus compañeros a entenderles y arroparles, no solo está teniendo un gesto de humanidad, también está realizando una importante labor educativa." (Feijoo & Pardo, 2003, pág. 42)

Asimismo, Ramos-Pla, Gairín, & Camats (2018) aterrizan algunos principios como prácticos y funcionales para los profesionales de la educación, en tema de comunicar la muerte de un ser querido, se presentan los siguientes:

- La importancia de la formación del profesorado en relación a la pedagogía de la muerte.
- Comunicar la noticia es recomendable que la dé un ser querido por alguien cercano otorgando un espacio seguro, en caso de que no sea posible, entra en juego el profesional de la educación.

En este punto en específico da algunas recomendaciones para su comunicación:

- No tener miedo en usar las palabras "muerte" o "ha muerto". Es necesaria un buen conocimiento del tema por parte del profesorado.
- Desmitificar el estereotipo de que los niños o adolescentes no comprenden lo que es la muerte. Es necesario adaptar la información al nivel del joven.
- En función de la edad usar adverbios del tipo "muy" al momento de dar la noticia o en el caso de los adolescentes, comunicar el motivo de defunción.
- Explicar de forma sencilla y con pocas palabras que el ser querido ha fallecido.
- Evitar eufemismos referentes a la muerte.

Es de igual importancia adentrar esta pedagogía de la muerte, trabajar el tema de modo preventivo facilitará el modo en como reciban y cuantos recursos cuenten para afrontar este tema al paso de la vida del joven estudiante, se puede hacer uso de literatura, películas, talleres, pláticas, investigaciones, entrevistas con profesionales en el tema, los adolescentes.

Si se ha observado la línea que se ha venido trabajando con el escrito, hasta el momento se ha referido al duelo y precisamente el duelo adolescente se ve atravesado por contextos sociales específicos, sin embargo, en el periodo actual de 2020-2021 ha ocurrido una serie de cambios a nivel mundial.

A partir de datos encontrados en la página web cínica de Barcelona (2020) es posible encontrarse que este periodo, inició con la propagación del virus SARS-COV-2, este virus es el causante de la enfermedad respiratoria COVID-19, detectado por primera vez en diciembre del 2019 en la ciudad de Wuhan, una provincia de Hubei, en China.

Declarada como pandemia, ha evolucionado de manera muy rápida, en muchos de los contagiados se muestran como síntomas, infecciones respiratorias que pueden ir desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como el síndrome respiratorio de Oriente Medio y el síndrome respiratorio agudo severo.

Sin embargo, rescatando la información de Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (2021) muestran una realidad, que el COVID-19 es agregada a una gran lista de enfermedades existentes en el mundo, que se agravan o intensifican, además hay que tomar en cuenta aquellos grupos vulnerables que las enfermedades son el doble de intensas, también se le suma la deficitaria estructura del sistema de salud, que va desde un mal trato a sus médicos y enfermeras hasta poco instrumental médico o espacio para la atención de esta enfermedad y de las demás, por lo que la tasa de muertes se ha visto en un principio descontrolado hasta el punto en que la ocupación hospitalaria ha llegado a su límite.

Recordando la participación de Flores (2002) dentro de las variables que interfieren en el proceso de duelo, las relacionadas con las circunstancias de la pérdida, hoy son más latentes, ya que la

situación actual de la pandemia vino a modificar no solo la manera de vivir, que ha sido un año de confinamiento, sino que también ha venido a modificar la forma en la que se rinde homenaje a los fallecidos.

En el círculo de conversación con Roberto Rodríguez, especialista de protección de UNICEF y las profesionales de la salud mental María José Figueroa y Rebeca Cáceres, de la Fundación Silencio (FUNDASIL) el pasado 25 de septiembre del 2020, se encuentra una realidad que ha afectado a miles e incluso millones de personas.

Licenciada Figueroa comenta a la pregunta de ¿si han existido cambios en el duelo antes y durante la pandemia?

La dimensión social de las despedidas se ha visto eliminada de forma justificada para evitar males mayores. Las exigencias sanitarias actuales han limitado en gran medida estas expresiones que validan el dolor y el sentimiento de pérdida de la persona doliente y por eso dificultan la elaboración de un duelo.

Es importante que tengamos en cuenta que esa pérdida tiene que ser compartida, acompañada y sostenida, como dolientes en estas circunstancias, necesitamos saber que nuestro dolor tiene un impacto sobre los demás. Esto siempre ha sido así, pero hoy en día no tenemos ese acompañamiento físico que tanta falta nos hace.

Cuesta mucho asumir la muerte, y aún más cuando no se ve, no se toca, y no se acompaña a la persona que ya no está. En nuestra cultura los rituales y, los símbolos, son muy importantes. Velar a una persona nos permite elaborar reflexiones, sentimientos, y pensamientos que hoy en día no los estamos teniendo.

La pérdida de un ser querido en estos tiempos tan distintos en los que las noticias nos llegan por teléfono, las despedidas nos producen procesos de negación, ira y tristeza prolongadas.

Por otro lado, la licenciada Cáceres responde a la pregunta de ¿Existen diferencias en las formas de sobrellevar el duelo entre adultos y las niñas, niños y adolescentes? Se enfocará a la población de adolescentes en esta ocasión:

En la adolescencia se vive de manera diferente, ya entienden la muerte como lo que es y por su propia etapa de desarrollo, por la búsqueda de identidad, y la falta de confianza en la familia es importante que entiendan la muerte como cualquier adulto. Quizás puedan resistir porque no hay confianza en el cuidador o cuidadora, lo van a preferir en un bar con un amigo, por eso los adultos debemos ser pacientes con los adolescentes.

Podemos alentar que expresen el dolor de manera saludable, buscar herramientas y formas de poder expresarlo. Puede ser que también acudan a encontrar el alivio del dolor y las expresiones de las emociones de maneras no saludables, con conductas de riesgo.

Es importante decir a los adolescentes que con ejercicio pueden disminuir la tensión, o con la música, tener la libertad de expresar lo que están sintiendo y así poder crear sus propias estrategias de afrontamiento.

Es vital poder escucharlos porque los cambios de la edad pueden hacer sentir una amplia gama de emociones en torno a la muerte. También pueden experimentar mucho enojo, y culpa y los comentarios alrededor pueden afectar o beneficiar el proceso de duelo. Es importante que tengamos estos espacios, esta paciencia, y esta apertura para escucharlos.

Todas las experiencias van a ser diferentes de acuerdo a nuestras creencias, y costumbres, y nuestra personalidad, incluida la forma en la que voy experimentando mis emociones.

Por último, se verá la respuesta de la licenciada Figueroa a la pregunta de ¿Cómo podemos apoyar el cuidado de la salud mental de niñas, niños y adolescentes en el momento de enfrentar el duelo en el marco de esta pandemia? Nuevamente enfocándose a la población adolescente.

En el caso de los adolescentes sus reacciones pueden variar porque están en un periodo de desarrollo, la diferencia entre las expresiones emocionales entre un adolescente y un adulto se basa en la fuerza y las circunstancias de riesgo en el que se ven expuestos los adolescentes.

En estos momentos no se necesita ser fuerte, se necesita mayor empatía, ser amados y ser cuidados. Los adolescentes van a requerir más respeto y no mantenerlos ni muy cerca para no agobiarles, ni muy lejos para que no se sientan tan abandonados, sino que buscar cierto equilibrio. Incluirles en las decisiones, darles su espacio, posibilitarles que hablen con sus amigos y la compañía incondicional de parte del adulto al momento de enfrentar el duelo.

Otra de las secuelas que se han vivido a lo largo de esta pandemia se ha visto reflejada en el ámbito académico, puesto que el acceso a la educación de una manera virtual es y ha sido un desafío para millones de jóvenes de todos los grados escolares, desde el preescolar hasta la universidad.

La actual situación deja muchas más incógnitas acerca de que poder hacer, como actuar, frente a lo desconocido, sigue saliendo literatura contextualizada, sin embargo, por la premura no llega a todos los lugares.

¿Cómo se enfrentan las comunidades escolares ante esta situación?

La tristeza, la angustia y el duelo que ocasiona la pérdida de un ser querido en el contexto de la pandemia de Covid-19 "comenzó a pasar factura a las comunidades escolares, donde hemos tenido que implementar acciones pedagógicas y de contención para afrontar la depresión y el dolor que genera la pérdida de abuelos, padres, tíos, e incluso hermanos, entre niños y adolescentes".

Directores de escuelas primarias señalaron que los menores que enfrentan la muerte de sus familiares "dejan de participar en sus clases en línea y de entregar trabajos, lo que pone en riesgo no sólo su aprendizaje, también hemos tenido casos de depresión, donde ya no quieren volver a la escuela". Este fenómeno de duelo, agregaron, "también afecta a los maestros que pasan por periodos de depresión cuando afrontan la pérdida de un padre de familia en el grupo o de uno de sus alumnos". (Poy Solano, 2021)

Es importante sensibilizar a la población ante este tema y aprender a escuchar al adolescente que sin la guía precisa podría recurrir a situaciones desastrosas, sin embargo, no existe un proceso a seguir, ya que cada una es una situación particular.

Extender la mano para ser quien escuche, comprenda y contenga a los jóvenes, es un trabajo importante, trabajo que bien puede hacerse desde el seno familiar, puesto que es el lugar donde el joven pasa gran parte de su vida, sin embargo, no son los únicos, ya que "la segunda casa" de muchos seguirán siendo las escuelas, así que de igual manera como profesores, es importante atender estos problemas en la medida de lo posible, dotándoles de herramientas, pero sobre todas las cosas, escucharlos.

El presente proyecto de investigación está encaminado a conocer el saber global del duelo y el acercamiento que tienen los docentes a situaciones de duelo de los jóvenes adolescentes, además de reconocer las repercusiones que han tenido los jóvenes en el ámbito académico durante y después de una situación de una pérdida y además averiguar qué tipo de acompañamiento al duelo se les ofrece a los jóvenes dentro de su cotidianeidad dentro de las instalaciones educativas. Además de reconocer las herramientas que tienen los profesores con respecto al tema.

Metodología

El instrumento a utilizar en la presente investigación será la entrevista semi-estructurada dirigida a los profesoras y profesores, incluyendo a los tres grados de nivel secundaria, dentro del estado de Querétaro, no importando la materia que imparta o haya impartido en los distintos ciclos escolares siempre y cuando haya dado clase frente a grupo.

Al no encontrar un instrumento que cumpliera con las características y necesidades de la misma investigación, se optó por realizar su elaboración para cumplir con los objetivos específicos.

En la entrevista, se tiene un total de 10 preguntas, que de igual manera explora la concepción que se tiene del duelo, la identificación de ciertas características por las que vive el joven hasta la identificación de las responsabilidades afectivas que tiene estando frente a una situación de duelo.

Instrumento.

¿Podrías explicar lo que es un duelo?

¿Qué sentimientos o emociones puedes ver en un duelo?

¿Sabes cuáles son los diferentes tipos de duelo o pérdidas que un adolescente puede tener?

¿Alguien se ha acercado a ti con una situación con duelo en la escuela?

¿Sabes manejar o te sientes capaz de contener a algún alumno en situación de duelo?

Si en el momento no sabes cómo contener a la persona, ¿Con quién acudirías para que te ayudara ante esta situación?

¿Sabes si en la escuela manejan algún tipo de protocolo para estas circunstancias?

¿Crees que exista alguna relación entre un chico o chica en duelo y su rendimiento académico?

Por la situación que actualmente vivimos, ¿has notado algún cambio en la dinámica en el salón de clases, después de saber si uno de los alumnos ha sufrido alguna pérdida?

¿Ha existido algún hecho o situación que te haya marcado en el último año?

Para la participación de los profesores se hizo uso de una convocatoria, y juntas con escuelas, sin embargo, la respuesta mayoritaria de los voluntarios fue a través de la convocatoria.

Las entrevistas tuvieron lugar en la plataforma Zoom grabando el sonido para la posterior recolección de datos en escrito, todo lo anterior a través del consentimiento por escrito de cada uno de los voluntarios.

En promedio las entrevistas tuvieron una duración de 30 minutos por participante.

Resultados

Hasta el momento se han realizado un total de 8 entrevistas que incluyen a cuatro municipios del estado de Querétaro, (Tequisquiapan, Corregidora, Pinal de Amoles y Querétaro).

De las cuales, 7 han sido profesoras y 1 profesor, de edades entre los 24 y 57 años de edad.

Discusión y Conclusiones

El conocimiento que llegan a tener una gran parte de los participantes, dentro del tema del duelo y la identificación de sus variantes en la adolescencia son bastante generales, sin embargo, manifiestan que es un tema importante, que se encuentran interesados y algunos han llegado a contener a sus alumnos, mientras que otros, al no sentirse capaces de ello, suelen buscar el apoyo de su departamento de psicopedagogía, de psicólogos y trabajadores sociales.

Se observa una tendencia clara de que los estudiantes que han vivido un proceso de duelo durante la pandemia, han sido tema de preocupación por parte de sus profesores.

De la misma forma entre los voluntarios, se observa que quienes se capacitan para poder acompañar dentro de sus posibilidades a estos jóvenes se mantienen dentro de los límites de las instituciones, para evitar situaciones complejas con los padres de familia.

La mayoría creen conveniente el tener un protocolo para acompañar a los jóvenes dentro de las instalaciones, tomando como referencia sus experiencias, sin embargo, la mayoría de las instituciones no cuentan con ello o se encuentra en formación el departamento psicopedagógico o a penas se han añadido trabajadores sociales y psicólogos dentro de sus instalaciones.

Referencias bibliográficas

Anders, V. (3 de Marzo de 2001-2020). *etimologias.dechile.net*. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de Etimología de adolescente: http://etimologias.dechile.net/?adolescente

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (13 de mayo de 2021). *Afecciones* . Obtenido de Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades: https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/need-extra-precautions/people-with-medical-conditions.html

Clínic Barcelona Hospital Universitari & Fundación BBVA. (12 de marzo de 2020). *¿Qué es el Coronavirus SARS-COV-2?* Obtenido de Clínic Barcelona Hospital Universitari: https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/covid-19/definicion

de la Herrán Gascón, A., & Cortina Selva, M. (2008). La práctica del "acompañamiento educativo" desde la tutoría en situaciones de duelo. *Tendencias Pedagógicas*(13), 157-174. Recuperado el 3 de Junio de 2020, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2575319

Espinosa Lillo, J. (2004). Crecimiento y comportamiento en la adolescencia. *Revista Asociación Española de Neuropsiquiatría*(90), 57-71. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-57352004000200005

Feijoo, P., & Pardo , A. (Junio de 2003). La escuela: Una amiga en el duelo. *Aula de innovación educativa*(122), 41-45.

Flores, S. (2002). Duelo. *Anales del sistema sanitario de Navarra*(25), 77-85. doi:http://dx.doi.org/10.23938/ASSN.0843

Goffi, J., Goffi, L., Althmann, H., Argüelles, S., & Pérez, J. (24 de Agosto de 2014). *9 consejos para acompañar a un adolescente en duelo*. Recuperado el 3 de Abril de 2020, de Manejo del duelo: https://manejodelduelo.com/9-consejos-para-acompanar-a-un-adolescente-en-duelo/

Hernández, R. (25 de Septiembre de 2020). *"El COVID-19 no sólo cambió nuestra forma de vivir, sino también la forma de morir"*. Obtenido de UNICEF El Salvador: https://www.unicef.org/elsalvador/historias/el-covid-19-no-s%C3%B3lo-cambi%C3%B3-nuestra-forma-de-vivir-sino-tambi%C3%A9n-la-forma-de-morir

Herrera, R. (23 de Mayo de 2018). *Manejo del duelo en adolescentes*. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de psiquiatria.com: https://psiquiatria.com/bibliopsiquis/blog/manejo-del-duelo-en-adolescentes

Krauskopf, D. (1999). El desarrollo psicológico en la adolescencia: las transformaciones en una época de cambios. *Adolescencia y salud, 1*(2), 23-31. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-41851999000200004&script=sci_arttext&tlng=en

Peña, P., & Lellequien, M. (29 de Julio de 2015). *El proceso de duelo en la adolescencia*. Recuperado el 3 de Abril de 2020, de accesalud: http://accesalud.femexer.org/el-proceso-de-duelo-en-la-adolescencia/

Pillou, J.-F. (9 de Diciembre de 2013). *Senescencia - Definición*. Recuperado el 3 de Abril de 2020, de CCM Salud: https://salud.ccm.net/faq/17711-senescencia-definicion

Poy Solano, L. (31 de enero de 2021). Afecta el duelo el rendimiento en las escuelas, dicen docentes. *La Jornada*, pág. 10.

Ramos-Pla, A., Gairín, J., & Camats, R. (2018). Principios Prácticos y Funcionales en Situaciones de Muerte y Duelo para Profesionales de la Educación. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 16*(1), 21-33. Recuperado el 3 de Junio de 2021, de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55160047002

Áreas Naturales Protegidas y Gentrificación verde en la zona metropolitana de la Ciudad de Querétaro.

Autor: Mtra. Úrsula Bonfil Jiménez
Asesora: Dra. Mónica Ribeiro Palacios
Universidad Autónoma de Querétaro.

Resumen. El acelerado proceso de crecimiento de la zona metropolitana de la ciudad de Querétaro ha motivado al Estado a regular la manera de habitar el espacio, a través de valoraciones territoriales desde la norma hegemónica, dando como resultado una gestión endeble en la conservación de las Áreas Naturales Protegidas, mientras privilegia el impulso del desarrollo inmobiliario de la ciudad.

El ordenamiento ecológico y urbano de la metrópoli queretana delimita las relaciones orgánicas entre sociedad y naturaleza y crea una institucionalización de ellas para integrarlas a una dinámica mercantilista, designando espacios para vivir y espacios de reserva, que solo disfrutan quienes pagan por ellas. Estas delimitaciones espaciales alejan una conservación ecológica, promoviendo que las áreas conservadas se conviertan en espacios paisajísticos que reflejan una distribución inequitativa de la riqueza.

Abstract. The accelerated growth process of the metropolitan area of the city of Querétaro has motivated the State to regulate the way of inhabiting the space, through territorial assessments from the hegemonic norm, resulting in a weak management in the conservation of Natural Areas Protected, while privileging the promotion of real estate development in the city.

The ecological and urban planning of the Queretaro metropolis delimits the organic relations between society and nature and creates an institutionalization of them to integrate them into a mercantile dynamic, designating living spaces and reserve spaces, which only those who pay for them enjoy. These spatial delimitations distance ecological conservation, promoting that the conserved areas become landscape spaces that reflect an unequal distribution of wealth.

Palabras Clave: gentrificación, metropolización, áreas naturales, crecimiento urbano, desarrollo inmobiliario, politicas ambientales, ordenamiento territorial, normatividad.

Key words: gentrification, metropolization, natural areas, urban growth, real estate development, environmental policies, land use planning, regulations.

Introducción.

En Latinoamérica, pero sobre todo en México, la mayoría de los territorios sobre los que se decretan las Áreas Naturales Protegidas (ANP) se encuentran habitadas, ya sea en propiedad privada o bien en propiedad colectiva (Ejidos), un aspecto que la norma pareciera dejar de lado. Esta omisión tiene su origen en el decreto de la primera ANP, el "National Park of Yellowstone", que por sus características era un espacio no habitado, además de nacer justamente con el afán de conservar la naturaleza para el disfrute de las poblaciones humanas que habitaban en las ciudades cercanas (Rodríguez, 2013).

La lógica de aislar la naturaleza de los procesos humanos para conservar sus procesos ecosistémicos ha imperado desde entonces hasta la actualidad en los decretos de ANP. Aunque desde los años noventa se incorporaron en algunas ANP nuevos enfoques participativos que permitieron tomar en cuenta a los habitantes de estas zonas y sus prácticas sociales. Sin embargo, en la mayoría de los decretos sigue imperando la conservación que se basa solo en la riqueza biológica del espacio sin tomar en cuenta las relaciones sociales que ahí se han desarrollado como

procesos socioecológicos e históricos. Esta tendencia no solo ocurre en México sino a nivel global, gracias a un discurso hegemónico que sostiene la dicotomía naturaleza y sociedad.

Por otro lado, también encontramos algunos ejemplos del proceso inverso, donde los propios habitantes trabajan para conseguir el decreto de ANP en sus territorios, como un mecanismo que les permite conservar tanto los ecosistemas como sus tierras y sus prácticas tradicionales; además de generar nuevas formas de ingresos económicos que los sistemas agropecuarios ya no garantizan. Un caso que ejemplifica esto en México, es el caso de la Piedad Nuevo San José Río Manso (Cerro Chango) Oaxaca, donde se evidencia un proceso inverso a la creación de las ANP.

En este caso la gestión de conservación fue propuesta por los habitantes de la zona; decidieron conservar setecientas hectáreas de selva alta perennifolia, hábitat del mono araña. Para el decreto de las ANP plantearon realizar ecoturismo de baja escala y el manejo sustentable de la región; el estudio comprueba que el decreto de esta área al ser una iniciativa proveniente de los que habitan el espacio y en la que se les ha permitido en un primer lugar delimitar la zona y posteriormente elaborar el plan de manejo, ha tenido mayor éxito en lograr una conservación, ya que no se ha perdido superficie y por el contrario, se han impulsado a otras comunidades a que tomen iniciativas para crear un corredor biológico que denominarán Veinte Cerros. (Martínez, Pérez, Sadoth, 2009).

En contraparte, estudios como el de Legorreta , Márquez y Trench (2014) en Chiapas, resaltan la manera en la que los decretos de las ANP son impuestos desde una política ambiental predominantemente autoritaria, en la que las normas y reglamentos formales deben ser acatados por emanar de un derecho positivo y plantean que en la medida de que estas continúen siendo impuestas, sin considerar ni integrar los intereses y necesidades de apropiación territorial de los diferentes grupos que componen la población local, no será una forma ni democrática ni eficaz del ejercicio del poder y en consecuencia, enfrentará en mayor o menor grado la resistencia la población local.

Sin embargo, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Querétaro (ZMQ) encontramos un caso muy particular ya que dentro de la zona urbana en un periodo de 14 años se han decretado 9 ANP con el objetivo de frenar el crecimiento de la mancha urbana hacia zonas periurbanas además de conservar áreas con una gran importancia ecosistémica.

Los decretos por los cuales se crean las ANP limitan el uso de acuerdo a lo que permite su plan de manejo y reduce los marcos de negociación de quienes ahí habitan. Desde un sentido crítico, evidenciar la paradoja de la conservación es también desdibujar la construcción del interés público que emana de un acto unilateral, el cual no considera a estos espacios como regiones sociales y culturales que han sido históricamente construidos estrechamente con prácticas y relaciones socioambientales con su entorno (Paz, 2008).

La norma hegemónica positiva al decretar un ANP actúa de manera homogeneizadora, desplazando cualquier otro tipo de formas de relacionarse y de concebir la naturaleza. Bajo esta lógica, para poder conservar la naturaleza se debe primero cosificarla y atenderla desde una concepción económica.

Todo el sistema económico reposa sobre los cimientos de la naturaleza; los ecosistemas son la fuente de todos los materiales y la energía procesados a lo largo del sistema productivo hasta su transformación en bienes o servicios de consumo, de igual manera los ecosistemas funcionan como receptores de los residuos del metabolismo socioeconómico (Bagetthun y Groot, 2007).

Gudynas (2004) refiere que la racionalidad ambiental es movilizada por intereses diferenciados y valores distintos a una economía sustentable, como la fuerza de trabajo, los potenciales de la naturaleza y el poder de la ciencia y de la tecnología. De ahí que la articulación de conceptos como el de Capital Natural o el de Servicios Ambientales sean fundamentales para la norma hegemónica positiva.

En este caso las ANP fungen como el mecanismo legal que surge como solución ante la actual crisis ambiental pero que a su vez abre la puerta a una mercantilización de la naturaleza y a la gentrificación verde en las zonas periurbanas.

Globalmente los discursos se levantan más para contrarrestar los efectos de las ciudades y por el diseño de ambientes urbanos ecológicamente más eficaces. Lo más importante es la demanda de planificadores y gestores, hecho que requiere un conocimiento más amplio respecto a los ecosistemas urbanos (Angeolotto et al, 2018). El capital ha seguido estas iniciativas ya que el crecimiento y demanda de estos espacios son más rápidos que las políticas públicas que puedan implementar los gobiernos.

Como resultado de esta respuesta del capital para hacer frente a la presente crisis ambiental, surgen ideologías de un ecologismo liberal que se apropian conceptos como la sostenibilidad, densidad, resiliencia, habitabilidad y ecológico que generan resultados contradictorios o paradójicos en cuanto a la conservación ambiental y que afianzan la desigualdad e injusticia ambiental. Como podemos apreciar en el texto de las legislaciones ambientales, y estos conceptos son apropiados para crear un discurso que genere un sentido común y poder materializar la hegemonía de una élite emergente (Wachsmuth y Angelo 2018).

Esta apropiación se materializa en el espacio, al momento los esfuerzos por hacer sustentables las ciudades han pasado, entre otras estrategias, por crear más áreas verdes, infraestructuras para pasos peatonales y ciclovías, y nuevos fraccionamientos o condominios que tienen amenidades que prometen el retorno a la naturaleza, de lo cual el sector inmobiliario se beneficia incrementando la especulación .

La problemática se acentúa ya que estos procesos hacen visible un despojo pasivo y silencioso, ya que estos nuevos espacios habitacionales son exclusivos sus consumidores perfilan un alto nivel económico, Autores como Wolch et al (2014), refieren que factores como el desarrollo y tenencia de la tierra, así como las opresiones etno-raciales influyen en quien puede gozar de estas amenidades. Rehabilitar zonas urbanas en parques y áreas verdes producen un efecto paradójico ya que a mayor espacio verde, es más deseable elevar los costos de las rentas; tal como la propuesta de Glass (1964) al exponer a las renovaciones urbanas en zonas céntricas, forzando un desplazamiento de sectores vulnerables por sectores de estratos medios y altos, a lo que denominó como gentrificación.

Esta gentrificación se ha reconfigurado para abarcar también zonas intermedias entre la ciudad y zonas rurales. Para Hernández (2016) la proliferación de las áreas periurbanas guarda una estrecha relación cuando los espacios rurales con mayor o menor influencia urbana dejan de destinarse a la actividad agraria; de manera paralela se produce una urbanización progresiva de estas áreas como consecuencia del aumento de la demanda de los habitantes de las ciudades, que buscan satisfacer en ellos sus necesidades y anhelos de ocio, descanso y relación armónica con la naturaleza.

El estudio gentrificación periurbana de la ciudad de Manizales, Colombia, por ejemplo, se centró en esclarecer los procesos, ideas y estilos de vida que giran en torno al retorno a la tierra y a la naturaleza; estudiando el proceso de migración de poblaciones provenientes de la ciudad hacia territorios rurales y que imponen mediante un patrón de construcción de viviendas tipo condominio, en el que se conjuga el confort de las viviendas urbanas con el disfrute del paisaje rural. Como resultado de este estudio, se da cuenta de cuáles son los efectos que producen estos procesos de gentrificación en las dinámicas sociales y territoriales (Fioravati Álvarez, Arias y Vélez, 2016).

De acuerdo con Puig (2016) la gentrificación verde sobre las zonas periurbanas ha producido una homogeneización y trivialización del paisaje periurbano, que se desliga del asentamiento urbano primigenio y merma su identidad. Aunque en muchas ocasiones desde el ámbito local se haya tratado de proteger parte del suelo no urbanizable desde un planteamiento conservacionista, lo cierto es que en general no existe una conectividad clara

mediante una trama verde consolidada, si no que se trata más bien de pequeñas islas fragmentadas e inconexas con el espacio verde interno.

Para el caso de las ANP de la ZMQ, se han convertido en grandes áreas verdes que amenizan el paisaje de edificios verticales o terrenos semi-campestres que ofrecen vistas espectaculares, aire limpio y que también enfatizan en la inversión tecnológica que hacen estos desarrollos ecológicos y sostenibles, como plantas tratadoras de agua e iluminación LED.

Algunas afirman contar con pozos propios y garantizan no tener desabasto de agua en cincuenta años. Pero de lo que no se habla y lo que no se ve es la reconfiguración territorial que sucedió para que estos desarrollos se erigieran en ese espacio, porque la subjetividad del ciudadano y del Estado es que eran tierras abandonas o baldías.

Podemos referir este proceso de especulación comercial sobre los espacios verdes ya sean dentro de la ciudad o espacios limítrofes entre urbe y campo, como una gentrificación verde (Wolch et al 2014) que por una parte genera que sean más atractivos para sector inmobiliario y en consecuencia, genera una elevación en la plusvalía de los espacios verdes o de los terrenos aledaños. Como resultado, los habitantes originales se ven forzados a desplazarse a vecindarios menos deseables y paradójicamente con menos o nada de áreas verdes.

El decreto de una ANP transforma de manera significativa el territorio y sus dinámicas sociales. Con la expectativa comercial que se genera en torno a estos espacios verdes aparecen actores sociales como la industria inmobiliaria, quienes ven en estas zonas limítrofes un espacio fructífero para desarrollar sus proyectos.

La dinámica inicia con encontrar terrenos de un valor bajo, lo que es sencillo ya que la mayoría está catalogado con uso agrícola y en la cuantificación gubernamental el espacio agrícola vale menos que uno industrial o urbanizado. De esta manera otro actor de vital importancia como un facilitador que es el Estado, a través de sus dependencias gubernamentales, generan los cambios de uso de suelo necesarios para modificar el uso de agrícola a habitacional, comercial, de servicios o industrial. En el ámbito local, los actores son ejidos, propietarios privados y habitantes de las comunidades de estas zonas periurbano.

El acelerado proceso de crecimiento de la zona metropolitana de la ciudad de Querétaro ha motivado al Estado a regular la manera de habitar el espacio, a través de valoraciones territoriales desde la norma hegemónica, dando como resultado una gestión endeble en la conservación de las Áreas Naturales Protegidas, mientras privilegia el impulso del desarrollo inmobiliario de la ciudad.

Consideramos que la materialización de los instrumentos de política en materia de ordenamiento territorial y de conservación evidencia la manera en la que se legitiman procesos de gentrificación verde y mercantilización de la naturaleza.

La desarmonización entre instrumentos públicos y las escalas de gobierno han favorecido el crecimiento urbano sobre los espacios naturales lo que para el caso de la ZMQ ha creado una delimitación entre las relaciones de sociedad y naturaleza creando una paradoja en la conservación, ya que las ANP se convierten en espacios paisajísticos de consumo y que producen una distribución inequitativa de la riqueza.

Tomamos como estudio de caso la zona metropolitana de la ciudad de Querétaro, la cual abarca los municipios de Querétaro, Huimilpan y el Marques. La investigación se centra en la ZMQ, y tomamos como escala el corredore que forman en la zona sur de la ciudad las siguientes ANP, El Tángano, El Batán, y Parque Nacional Cimatario(PANEC).

Los objetivos de la investigación son:

1. Describir el crecimiento de la zona metropolitana de la ciudad de Querétaro e identificar factores clave que hayan impulsado el desarrollo inmobiliario y si fue modificado a partir del decreto de las ANP.

2. Identificar el cambio de uso de suelo y la tenencia de la tierra del corredor Centro-Sur (incluidas cuatro ANP Tangáno, Tangáno II, PANEC, El Batán) estableciendo los arreglos espaciales, así como las redes de actores políticos y sociales que juegan un papel central en la mercantilización de la naturaleza periurbana de la ZMQ.
3. Comprender como la gentrificación verde genera una ruptura del sistema socioecológico e impacta en los modos de vida de los ejidatarios y los nuevos habitantes de los fraccionamientos.
4. Examinar el efecto homogenizante de la norma hegemónica positiva desde sus elementos constitutivos y demostrar cuáles otras maneras de regular se pierden con la imposición del decreto de ANP.

Metodología.

Consideramos realizar un análisis regional desde la propuesta de Van Young (1991) con el objetivo de reconciliar la microperspectiva (entremando de las relaciones espaciales y las interacciones sociales) con la macroperspectiva (modelo de nación-estado, norma, modelos de planeación y desarrollo) para dibujar la estructura interna de esta región como la matriz de convergencia del espacio físico y social.

El marco teórico cuenta con cuatro categorías centrales que nos permitirán construir un marco teórico pertinente al problema que hemos planteado; Área Natural Protegida como figura legal hegemónica, Mercantilización de la Naturaleza, Gentrificación verde y Crecimiento urbano homogenizador.

- Área Natural Protegida como figura legal hegemónica. Conceptualizar a la naturaleza e instrumentar su conservación mediante una norma que atiende a intereses económicos y hegemónicos, provoca una situación paradójica ya que se pone en el mismo plano la protección de los recursos naturales, así como lograr indicadores económicos que sirvieran para dejar todavía más en claro las consecuencias de los impactos ambientales (Gudynas, 2013).

Así, la norma hegemónica atiende a una delimitación simplista de las relaciones orgánicas entre sociedad y naturaleza. Se apoya en la creación de instrumentos legales para poder materializarlos; en este caso la figura legal de Área Natural Protegida está sustentada en un discurso legal que conceptualiza a la naturaleza como un objeto separado del ser humano y le otorga un valor que se enmarca en conceptos de mercado, tales como capital natural, recurso o servicio ambiental.

- Mercantilización de la Naturaleza y Gentrificación verde. Posicionar a la norma hegemónica positiva en una teoría crítica donde se usan concepciones mercantilistas para conservar la naturaleza, es solo un marco que nos impulsa a profundizar por medio de otras disciplinas procesos más complejos. Es por eso que para el detalle de las relaciones de este sistema socioecológico es necesario recurrir a los aportes de la geografía crítica con tradición neomarxista como los trabajos de Lefebvre(1974), y Harvey(2004), que nos otorgan propuestas para explorar la estructura urbana entendida en términos de distribución de riqueza y de poder; no solo interpretando el sector privado sino el público como regulador importante dentro de una economía capitalista. Esta disciplina después de la década de los 80, opta por un giro cultural que enfatiza los marcos teóricos y metodológicos desde un énfasis interdisciplinario con un compromiso ético y político, que permitan acercarse a la sociedad y al espacio dando nuevos enfoques y miradas.
- Crecimiento urbano homogenizado Delimitar espacios para vivir y espacios de reserva, alejan de una conservación ecológica, por el contrario promueven que las áreas conservadas se conviertan en espacios paisajísticos que aportan una plusvalía a los fraccionamientos que se edifican alrededor de

ellas, y a los que no todos tienen acceso a habitar.

Podemos referir en este sentido que los efectos de expansión de la ZMQ hacia estas áreas periurbanas atienden un interés de mercado inmobiliario con el fin de comercializar espacios de vivienda que prometen un contacto directo con la naturaleza. El estudio realizado por Benko y Lipietz (1994) sobre la región parisiense de los años 90 afirma que las regiones urbanas se afirman como regiones ganadoras, en este caso de estudio se impulsa un desplazamiento de las fábricas hacia las ciudades medianas, hacia los pueblos o incluso el campo. En el caso de la ZMQ la llegada de grandes parques industriales en especial el de la industria aeronáutica confluye con la expansión de los desarrollos inmobiliarios.

El acercamiento metodológico se basó en un estudio de caso, por lo que la propuesta es realizarlo en tres escalas:

- Primera escala. Será una descripción del crecimiento urbano en la ciudad de Querétaro y la manera en la que se ha dirigido hacia las zonas periurbanas conformando así la ZMQ. Identificaremos los factores que impulsaron el desarrollo inmobiliario hacia esas zonas, resaltando el papel que juegan las ANP en este proceso.
- Segunda escala. Se hará un recorte en el área de estudio para enfocarnos en el corredor Sur-Poniente, delimitando las siguientes ANP: El Tángano, Parque Nacional Cimatario y El Batán. Se analizarán los cambios de uso de suelo, describiendo las actividades que se dejaron de realizar en la zona para abrir camino a los complejos inmobiliarios, caracterizando el cambio en la densidad habitacional, la infraestructura y vialidades.
- Tercera escala. La propuesta de estudio es visibilizar la manera en la que las ANP transforman las dinámicas socioterritoriales que se llevaban a cabo antes de su implementación. Describir de manera específica cómo la llegada de grandes complejos inmobiliarios crea nuevas subjetividades en los nuevos habitantes, su manera de relacionarse con el entorno, por ejemplo. Para esto se harán entrevistas con actores de la comunidad de La Cueva que es próxima a la ANP El Batán y a colonos de Cañadas del Lago fraccionamiento aledaño a la Presa El Batán.

Las técnicas en las que se apoyará la metodología de la investigación serán las siguientes:

- Objetivo 1 y 2. Primera y segunda escala. Reconstrucción histórica por medio de mapas que ilustren la transformación del espacio, identificando la infraestructura que impulsó los polos de desarrollo. Consulta de bases de datos y cartografías de instituciones públicas como Registro Agrario Nacional, Registro Público de la Propiedad, Catastro, Secretaria de Desarrollo Sustentable, Instituto Municipal de Planeación de Querétaro. Uso de mapas mediante el Sistema de Información Georreferenciada para delimitar el área de estudio. Utilizar bases de datos cuantitativas para ilustrar la diferenciación en la tenencia de la tierra, cambios de uso de suelo y valor e ilustrar la forma en las que las áreas naturales quedan ahorcadas por la mancha urbana.

- Objetivo 3. Tercera escala. Contrastar con entrevistas estructuradas y semiestructuradas, así como grupos focales para resaltar las subjetividades en torno al habitar en la metrópoli queretana y cerca de las áreas naturales protegidas.

- Objetivo 4. Análisis de la norma desde los elementos conceptuales que son usados en el discurso para evidenciar que estos conceptos en los que se justifica y crea la norma hegemónica al momento de materializarse, crean nuevas subjetividades que favorecen la gentrificación verde en las ANP y que por su efecto homogenizante, desplazan otras normatividades pertenecientes a las

subjetividades de los que habitaban estas zonas.

Resultados.

Mediante Sistema de Información Geográfica ilustramos la manera en la que la mancha urbana ha crecido en un periodo que abarca del año 1970 hasta 2018. En el mapa 1 podemos observar cómo se conforma la zona metropolitana, detonándose en el año 2000 y que toma más auge expansivo a partir del año 2006.

Mediante un análisis legal hemos una discordancia legal entre clases de normas, políticas públicas y niveles de gobierno.

Primera contradicción, el marco legal a nivel federal conformado se encuentra conformado por la siguiente normatividad: Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH), Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA), Plan Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU). Estas leyes sientan las bases para las políticas para el ordenamiento territorial, establecen la manera en la que se conservan espacios y por otra de qué forma se aprovecha el uso del territorio.

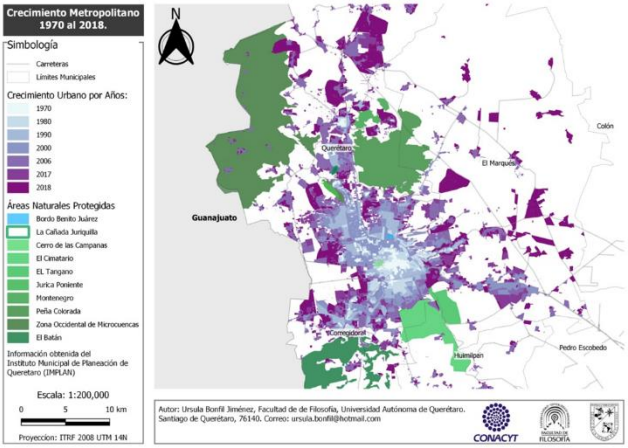
A nivel estatal se replica un marco legal conformado por la Constitución Política del Estado de Querétaro (CPEQ), Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (LPADSEQ) de ellos emana el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro (POEREQ) acorde a las necesidades de la región, y se define como un instrumento regulador estratégico que orienta y regula el uso de suelo y las actividades productivas de las áreas localizadas fuera de los límites de los centros de población con una visión sustentable, que permite la permanencia mínima de los servicios ambientales para mantener una calidad de vida aceptable y libre de riesgos potenciales.

Hasta esta escala normativa parece haber una concordancia en la manera de la gestión de políticas públicas ambientales y territoriales.

Sin embargo de acuerdo al artículo 115 fracción V incisos a y d, del precepto Constitucional faculta a los Municipios para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de Desarrollo Urbano Municipal, así como autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia.

En sus jurisdicciones territoriales el Municipio dictará los Cambios de Uso de Suelo con la posibilidad de modificación de los Planes Parciales Delegacionales correspondientes.

Mientras la normatividad federal y estatal crean instrumentos legales para la conservación como las ANPs y designan los espacios para el aprovechamiento de uso del territorio es en la escala municipal donde se revierten los usos de suelo previamente asignados, áreas designadas a la preservación ecológica son modificados para asignarles otro uso como puede ser comercial, de servicios o habitacional, todo esto mediante el acuerdo de cabildo[1].



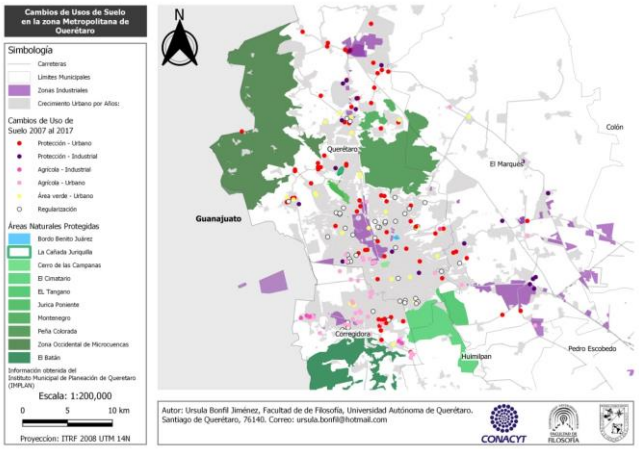
Mapa1. Crecimiento urbano en la ZMQ de 1970 al 2018

[1] El Cabildo es el Órgano máximo de autoridad en el Municipio, al que le corresponde la definición de las políticas de la Administración Pública, referente a leyes y reglamentos aplicables al Municipio.

Por lo tanto el mapa 1 nos muestra también las ANPs de nuestra área de estudio (marcadas en verde), El Parque Nacional Cimatario se decreta en el año de 1982 y la categoría de conservación es de nivel federal mientras que el Tángano se decreta en el año 2005 y el Batán en el 2009 ambas son de categoría estatal.

En este mapa se ilustra de igual forma que la temporalidad de crecimiento urbano corresponde también a los decretos de las ANP, que ha sido mas fuerte a partir del año 2006, por lo que la ANP no ha cumplido su objetivo de preservar y frenar el crecimiento urbano hacia zonas periurbanas, es decir que la ZMQ sigue siendo una metrópoli de crecimiento urbano de baja densidad.

El mapa 2 nos muestra justo los cambios de uso de suelo (marcados con puntos) en un periodo de 2007 al 2017, se han registrado 60 cambios de uso de suelo de protección a urbano, 20 cambios de protección a industrial, 27 cambios de agrícola a urbano, 6 cambios de agrícola a industrial y 19 cambios de área verde a urbano (Documento Q500, 2018). Lo que indica que el ordenamiento territorial al materializarse esta basado en un crecimiento que le permita obtener ingresos económicos para el municipio (cobro de impuestos como predial) sacrificando las áreas designadas a la conservación.



Mapa 2. Cambios de uso de suelo 2007-2017

Discusión y Conclusiones.

Las contradicciones legales entre diversas clases de normas y políticas públicas se han materializado en despojo, procesos de gentrificación verde así como una mercantilización de la naturaleza, los planes de desarrollo así como la legislación ambiental no alcanzan a regular como sería su objetivo la conversión del suelo en ambientes urbanos y no solo es el área de las ciudades per se, sino también las áreas externas a las ciudades, apropiadas por ellas y que proveen energía, materiales y además absorben sus desechos.

A pesar de los esfuerzos normativos los cambios de uso de suelo sobre espacios designados a conservación ecológica se continúan otorgando o se permiten la instalación de desarrollos inmobiliarios a las orillas de las áreas protegidas dejándolas aisladas, lo que provoca un cambio en la manera en la que estos corredores biológicos se comunican y alterando su función ecosistémica.

El decreto por medio del cual se crea un Área Natural Protegida se materializa de una manera homogeneizadora, desplazando cualquier otro tipo de formas de relacionarse y de concebir la naturaleza. La condición normativa de la conservación parte de una lógica economicista para poder conservar la naturaleza se debe primero cosificarla y atenderla desde una concepción cuantitativa.

La manera en la que se ha planeado el crecimiento urbano y nos referimos no solo lo que esta estipulado en los Programas de Ordenamiento si no considerando los cambios de uso de suelo del Municipio, denotan una estrategia de desarrollo urbano y territorial, impulsado por un empresarialismo urbano donde el Estado toma un rol activo en términos de promoción de la actividad económica ya sea de manera independiente o de forma asociada con el capital privado, lo que resulta funcional para una la absorción de excedentes de capital y de trabajo, como la propone Harvey (2004).

Ya que el establecimiento de estos nuevos fraccionamientos juega con la posibilidad de obtener la máxima plusvalía, el commodity la naturaleza. Estos fraccionamientos en su publicidad remarcan

como una amenidad el vivir en un espacio que promete regresar a la naturaleza, estar en contacto con espacios verdes, se proclaman como fraccionamientos ecológicos.

De acuerdo a esto es importante visibilizar que la legitimación de la norma impulsa procesos tecnocráticos, facilitando la acumulación de capital en el territorio, produciendo despojo y desigualdad social bajo el discurso de desarrollo sustentable o el nuevo ecologismo liberal. Así la ruptura socioecológica seguirá siendo más amplia y el capital seguirá en pos de nuevos espacios y mutando bajo nuevos discursos.

Bibliografía.

Angeoletto, F., Essy, C., Ruiz, J.P., Fonseca da Silva, F., Massulo, R., Maciel, J.W. (2015). Ecología urbana: la ciencia interdisciplinaria del paneta ciudad. *Desenvolvimiento em Questão*, 13(32), 6-20

Benko, Georges y Lipietz Alain, (1994), *El nuevo debate regional* Territorialización del Índice de Prosperidad Urbana en Querétaro, Municipio

Documento Q500, 2008 Estrategia de de Querétaro, Instituto Municipal de Planeación

Fioravanti Álvarez, Hernán, García Arias, Manuel F. y Holguín Vélez, Daniela (2016). "El verde está de moda": el proceso de gentrificación rururbana en La Florida (Manizales-Villamaría). Revista de Sociología y Antropología: VIRAJES, 18 (2), 95-113. DOI: 10.17151/rasv.2016.18.2.7

Gómez-Baggethun, E., & de Groot, R. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, *16*(3).

Gudynas Eduardo, (2004), Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible, Ed. Centro Latino Americano de Ecología Social, Montevideo, Ururguay

Gudynas Eduardo, (2013) Imágenes, ideas y conceptos sobre la naturaleza en Ámerica Latina, en "Cultura y Naturaleza, Leonardo Montenegro, Ed. Jardín Botánico J.C. Mutis, Bogóta (Colombia).

Harvey, David. "El" nuevo" imperialismo: acumulación por desposesión." *Socialist register* (2004).

Lefebvre Henri, (1974) La Producción del espacio, en Papers Revista de Sociología.

Legorreta Díaz María del Carmen, Márquez Rosano Conrado, Trench Tim, (2014) Paradojas de las tierras protegidas: democracia y política ambiental en reservas de biosfera en Chiapas

Martínez Sánchez, Nallely*;* Pérez Crespo, Víctor Adrián; Vázquez Mendoza, Sadoth La problemática de las áreas naturales protegidas en Oaxaca Ciencias, núm. 96, octubre-diciembre, 2009, pp. 24-27 Universidad Nacional Autónoma de México.

Paz Salinas, M. F. (2008). De áreas naturales protegidas y participación: convergencias y divergencias en la construcción del interés público. *Nueva antropología*, *21*(68), 51-74.

Puig, S. H. (2016). El periurbano, un espacio estratégico de oportunidad. Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales.

Rodríguez Cervantes Silvia, (2013). El despojo de la riqueza biológica de patrimonio de la humanidad a recurso bajo la soberanía del Estado, Ed. Universidad Nacional Heredia, Campus Omar Dengo, Costa Rica.

Van Young, Eric, 1991, "Haciendo historia regional: consideraciones metodológicas y teóricas: Región e Historia en México, Pedro Pérez Herrero (comp.), Instituto Mora/UAM.

Wachsmuth David, Angelo Hillary, (2018): Green and Gray: New Ideologies of Nature in Urban Sustainability Policy, Annals of the American Association of Geographers, DOI: 10.1080/24694452.2017.1417819

Wolch Jennifer, Byrne Jason, Newell Joshua, (2014) Urban green space, public health and environmental justice: the challenge of making cities just green enough, Landscape and Urban Planning 125 (2014) 234-244

Hallazgos sobre prácticas sexuales y placer en mujeres jóvenes.

Autora: Lic. Edith Viridiana Carranza Álvarez, egresada de la Maestría en Estudios de Género, FBA, UAQ. viridianacarranza26@gmail.com

Asesora: Dra. Ursula Gayou Esteva.

Resumen

El presente artículo busca mostrar los hallazgos sobre las prácticas sexuales de las mujeres y a su vez, conocer si tiene relación, o no, con el placer. Se presentan los resultados de una investigación realizada con mujeres estudiantes entre los 15 y 19 años de edad inscritas en un colegio de bachilleres ubicado al norte de la ciudad de Querétaro. La metodología utilizada correspondió al enfoque cuantitativo, fue de corte transversal y descriptivo. A través de la aplicación de un cuestionario se obtuvieron los siguientes resultados: 1) las mujeres se encuentran en constante riesgo en sus prácticas sexuales. 2) Las prácticas sexuales de las jóvenes son genitalizadas y falocéntricas. Están atravesadas por el desconocimiento de su propio cuerpo, de su placer y sobre todo por los mitos sobre el orgasmo femenino. 3) Una tercera parte de ellas enuncian que no han experimentado un orgasmo ni por relaciones sexuales coitales ni por la masturbación. 4) Persisten mitos y creencias religiosas que limitan la atención de su salud sexual y reproductiva. Por lo anterior es que podemos concluir que es necesario reforzar la educación de la sexualidad y dirigirla hacia un enfoque integral que considere no solamente lo reproductivo, sino que refiera al placer, a la diversidad, a la libertad y a lo importante que es que, en este caso específico, las mujeres, se apropien de su cuerpo y tengan las habilidades para tomar sus propias decisiones en favor de su desarrollo.

Palabras clave: Sexualidad, mujeres, prácticas sexuales, placer, orgasmo femenino.

Abstract

The aim of this paper is to show the findings on women's sexual practices and, at the same time, to know if they are related to pleasure. The results of a research conducted with female students between 15 and 19 years of age enrolled in a high school located north of the city of Querétaro are presented. The methodology used was quantitative, cross-sectional, and descriptive. Through the application of a questionnaire, the following results were obtained 1) women are at constant risk in their sexual practices. 2) The sexual practices of young women are genitalized and phallocentric. They are affected by the lack of knowledge of their own bodies, their own pleasure and, above all, by the myths about the female orgasm. 3) One third of them claim not to have experienced orgasm either during intercourse or masturbation. 4) Myths and religious beliefs persist and limit their sexual and reproductive health care. Therefore, we can conclude that it is necessary to reinforce sexual education and orient it towards a comprehensive approach that considers not only reproductive issues, but also refers to pleasure, diversity, freedom, and specially, that women can appropriate their own bodies and have the skills to make their decisions in favor of their personal development.

Keywords: Sexuality, women, sexual practices, pleasure, female orgasm.

Introducción

La experiencia de la primera relación sexual es todo un suceso para las y los jóvenes pues con ello comienza una etapa de exploración de la sexualidad y de conocimiento de su propio cuerpo. De tal forma que, se abre la posibilidad de vivir experiencias agradables, así como algunas otras que pueden no serlo.

En este vínculo relacional queda expuesta la salud cuando no se toman las medidas necesarias para evitar un embarazo, una Infección de Transmisión

Sexual (ITS); y en el caso específico de las mujeres, a padecer las complicaciones de algunas de estas ITS que pueden derivar incluso, en la muerte.

La construcción social de la sexualidad basada en la reproducción tiene consecuencias significativas para el desarrollo psicosocial de las mujeres debido a que perpetúa las desigualdades de género a través de mandatos, tales como el cumplimiento del rol de madre, preservar la virginidad hasta el matrimonio, la predestinación al espacio privado y a la labor de cuidados, llevar a término embarazos no deseados, entre otras. Esto las coloca en condiciones desfavorables para ellas al no ser autónomas respecto a su cuerpo y su sexualidad y les hace vulnerables ante situaciones de violencia, además de ver limitada su autonomía para la toma de decisiones libres.

Justamente porque durante esta etapa de exploración se abren muchas posibilidades hacia los riesgos que pueden poner en vulnerabilidad de manera particular a las mujeres, es necesario que cuenten con las herramientas para tener garantía de ejercer su sexualidad libremente en pro de su desarrollo.

Los resultados que aquí se presentan se desprenden de una investigación realizada con mujeres estudiantes entre los 15 y 19 años de edad inscritas en un colegio de bachilleres ubicado al norte de la ciudad de Querétaro.

En un afán por reconocer aquellos aspectos de la sexualidad alejados de su función reproductiva, describiremos cuáles son las prácticas sexuales de las mujeres jóvenes y a su vez, conocer si hay relación, o no, con el placer.

Ahora bien, el legado de la época victoriana sigue vigente hasta nuestros días, "la sexualidad es cuidadosamente encerrada. […] La familia conyugal la confisca. Y la absorbe por entero en la seriedad de la función reproductora" (Foucault, 1998, p. 9). Cualquier práctica sexual alejada del objetivo de la reproducción y centrada en el placer, es mal vista, desaprobada.

Así mismo, los preceptos religiosos permean el comportamiento sexual humano y determinan los valores sobre los cuales éste se cimienta. La postergación del inicio de las relaciones sexuales hasta el matrimonio y con fines reproductivos, la carga moral y la culpa que se otorga a la sexualidad, limita la exploración libre de la misma. Como afirma Amuchástegui (2000), los discursos católicos dominantes clasifican y estigmatizan las prácticas sexuales (p. 416).

La evolución de la metodología anticonceptiva y la incorporación de tecnologías para la prevención del embarazo, han permitido tener más control sobre la reproducción para postergarla hasta el momento más favorable o impedirla. Lo cual permite que se dé un giro a la noción de sexualidad que de a poco ha ido transformando las prácticas sexuales.

De acuerdo con la Asociación Mexicana para la Salud Sexual A.C. (AMSSAC) (2021), las prácticas sexuales "son patrones de actividad sexual presentados por individuos o comunidades con suficiente consistencia como para ser predecibles". De tal manera que, las prácticas sexuales van cambiando con el tiempo, acorde al progreso de cada sociedad y a las transformaciones sociales.

¿Qué prácticas sexuales podemos reconocer ahora en las juventudes? Van desde el inicio de la vida sexual, el número de parejas sexuales, el uso y negociación de metodología anticonceptiva, las relaciones sexuales de riesgo, la masturbación, el cuidado del cuerpo, la autoexploración, entre otras. Es importante mencionar que, dichas prácticas no son estáticas y que van variando entre generaciones; sin duda alguna, con el paso del tiempo se van diversificando ante la presencia de múltiples factores: la globalización, la influencia de los medios de comunicación masiva, las redes sociales, entre otros.

Del mismo modo, el reconocimiento de los derechos sexuales y reproductivos han contribuido a este cambio de paradigma gracias a los instrumentos internacionales que funcionan como mecanismos de defensa y promoción de los derechos humanos. En este sentido, la ampliación de la conceptualización de sexualidad, realizada por la Organización Mundial de la Salud, en el 2002, a través de la convocatoria de especialistas, representa un esfuerzo para colocar en

el mapa a la sexualidad integral y que no solo se priorice a la salud reproductiva por encima de ésta.

La educación sexual en México se ha caracterizado por corresponder predominantemente al enfoque biologicista y preventivo. Esto ha propiciado que las juventudes reconozcan con mayor claridad los derechos reproductivos, que aquellos que refieren a la libertad, al establecimiento de sus vínculos o a la capacidad de decidir. Dicho sesgo, se vuelve una limitante cuando de desarrollo de habilidades, conocimientos y actitudes hacia la sexualidad hablamos.

Por consiguiente, entre las mujeres jóvenes hay un mayor reconocimiento de los derechos dirigidos hacia los servicios de salud sexual y reproductiva, la distribución de metodología anticonceptiva, la planificación familiar, así como a la información y orientación en el tema. Resaltemos aquí el hecho de que el reconocimiento no es igual al ejercicio de tales derechos pues aun cuando se saben acreedoras a estos beneficios, no siempre los solicitan; a pesar de que se encuentren a su alcance y en su margen de acción.

Desde la mirada adultocéntrica, "el ejercicio de los derechos sexuales y reproductivos genera polémica y confrontación entre distintos sectores de la sociedad y sus visiones del mundo, pues involucran la sexualidad" (Herrera y Cairo, 2009). Algunas jóvenes, influenciadas por esta perspectiva, adoptan estas posturas y estas actitudes que rechazan las manifestaciones de la sexualidad, más aún cuando se trata de la sexualidad de las mujeres.

El análisis sobre educación sexual integral, conocimientos y actitudes en sexualidad en adolescentes escolarizados (2014), fue realizado con jóvenes de 15 a 18 años de 45 escuelas públicas y privadas de educación media superior de las cinco regiones del país, en zonas urbanas y rurales por el Instituto Nacional de Salud Pública. De acuerdo con los datos que ofrece, el inicio de vida sexual se reportó en el 28% de las mujeres. Así mismo, reportan que el 85.7% de ellas inició su vida sexual con su novio(a) y el 11.7% con su amigo(a).

Respecto al cruce de las variables sobre el inicio de vida sexual y el uso de anticonceptivos el análisis anteriormente referido señala que, entre las mujeres 1 de cada 4 (25.7%) que inician su vida sexual, no utilizaron anticonceptivos en esa primera relación sexual. Entre los métodos más utilizados por las mujeres en su primera relación sexual, destaca el condón con el 68%.

Otra de las cuestiones que nos parece importante traer a colación ya que va muy de la mano con las prácticas sexuales de las mujeres, es el placer femenino. Es menester señalar que también carga sobre sí secuelas muy significativas de la época victoriana donde "la sexualidad femenina que saliera de ese cerco [el reproductivo] era castigada con severidad; si una mujer tenía orgasmos con frecuencia o, peor aún, se masturbaba, era considerada disfuncional, loca, incontenible y peligrosa para la sociedad" (Aldana, 2008, p. 32). La permanencia de estos imaginarios ha tenido gran influencia en las vivencias de las mujeres pues socialmente hablando, persiste la preocupación sobre el placer sexual como un peligro que hay que controlar para no promover la libertad sexual y en el caso de ellas, la promiscuidad. Si bien el reconocimiento del derecho al placer, se encuentra en construcción en cuanto a la apropiación del mismo por parte de las mujeres, en el terreno social, se enfrenta a una sociedad que se muestra renuente a su aceptación o a siquiera abordar el tema. La socialización de las mujeres en el ámbito de la sexualidad integra una serie de restricciones y consecuencias en el plano personal (un embarazo, una ITS) y en el plano social (rechazo y el estigma). Es decir, el tema del placer o específicamente del orgasmo, no es abordado ni por las familias ni por las instituciones educativas, hay muchos mitos y tabús al respecto.

Declara Sanz (2012) que "aunque afortunadamente cada vez se da en menor proporción, aún se puede considerar que bastantes mujeres están alienadas de su erótica, […] no tienen claramente conciencia de las fuentes de su placer y de su rico mundo de sensaciones; o las rechazan como tales para

no <<sentir>> o bien tratan desesperadamente de imitar la erótica del varón" (p. 46).

Si bien, la experiencia del orgasmo es muy personal y cada quien puede definirla de distinta manera, consideramos que es una forma de que las mujeres conozcan su cuerpo por todo lo que esta práctica sexual implica. La exploración posibilita el autoconocimiento y que identifiquen los puntos donde perciben el placer.

El reconocimiento de las mujeres como sujetos de placer ha generado nuevos escenarios en los que los reflectores se posan sobre conocer las maneras en las que viven su sexualidad ante esta apertura en el ejercicio de la misma. Sin embargo, aún persisten varios mitos en torno al mismo; por mencionar algunos: que el orgasmo se alcanza únicamente con la penetración, que es necesario tener una pareja para alcanzarlo, que es una sensación exclusiva para las mujeres y la meta al tener relaciones sexuales, entre otros.

Para que las mujeres tengan la posibilidad de vivir la experiencia del placer sexual, podemos decir que juegan en contra muchos factores: los sociales, religiosos, educativos o de acceso a la información; sin embargo, los más trascendentes en este sentido serán las limitaciones que ellas interpongan para la exploración de su cuerpo.

Método

El corpus de datos para este proyecto corresponde al enfoque cuantitativo. El alcance estuvo definido por los resultados obtenidos; fue de carácter descriptivo para tener una visión general sobre la sexualidad de las mujeres.

El procedimiento para la selección aleatoria de los elementos muestrales fue el siguiente: todas aquellas mujeres que ingresaron al centro de cómputo el día 27 de febrero de 2020.

La unidad de análisis estuvo integrada por las 826 alumnas de una institución de educación media superior, con estos criterios de inclusión: tener entre 15 y los 19 años de edad y estar inscritas en el plantel educativo al momento de la aplicación. El cálculo de la muestra se realizó con ayuda del programa STATS 2.0; el tamaño de la misma fue de 178 mujeres con los criterios de inclusión ya mencionados. Obtuvimos en total, 185 cuestionarios respondidos a través de la plataforma KoboCollect, la cual permite la creación de formularios digitales para recoger información.

El cuestionario fue piloteado con 10 mujeres con similares características a la población objetivo, con el propósito de identificar errores y problemas en la plataforma, así como definir el tiempo necesario para resolverlo. Si bien el cuestionario tuvo un alcance mayor a los resultados que se exponen en el presente artículo, en esta ocasión nos enfocaremos en los resultados obtenidos respecto al ejercicio de la sexualidad y el placer.

Su distribución por categorías de análisis, la podemos consultar a continuación:

Tabla 1.
Distribución del cuestionario.

Cuestionario sobre Prácticas sexuales	
Categoría	Variable
Género	Autonomía física
	Relaciones afectivas
	Roles y estereotipos
Prácticas sexuales	Salud sexual y reproductiva
	Información y experiencia sexual
	Autoexploración y placer
Ciudadanía sexual	Derechos sexuales y reproductivos
	Participación

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Las referencias sociodemográficas de las mujeres que participaron en este estudio permiten afirmar que, en su mayoría, son provenientes de familias nucleares y de familias extendidas; predominan las familias pequeñas, con 1 y 2 hijos(as). Prevalece a la religión católica, pues 3 de cada 4 se identifican como tal. El nivel educativo de estas familias se encuentra entre la educación básica y media superior, predominando la primera. Las alumnas consideran su situación económica familiar entre regular y buena.

Durante esta etapa se establecen los primeros noviazgos y por ello se indagó sobre si durante los últimos 12 meses tuvieron novio(a) o pareja, a lo que el 63% de las mujeres respondió que se encuentra en una relación actualmente. También se preguntó sobre si tienen o no autorización para tener novio(a) o pareja, y se obtuvieron los siguientes resultados: el 75% de las mujeres dice que nadie en su familia les prohíbe tener novia(o) o pareja, mientras que el 23.7% manifiesta que sí hay una prohibición y que esta viene principalmente de la madre (38%) y el padre (63%). Sin embargo, podemos identificar que entre quienes no tienen autorización para tener novio(a) o pareja, más de la mitad (65%) mantiene actualmente una relación de este tipo.

Se preguntó con cuántos novios(as), parejas, ligues, frees, chavos(as) han compartido una relación y encontramos que las mujeres han tenido en promedio 3.9 novios(as) o parejas y que la mayoría de ellas, solo han tenido 1.

En cuanto al inicio de la vida sexual se encontró que el 31% del total de participantes ha tenido relaciones sexuales y la edad promedio de tal inicio es de 15.6 años.

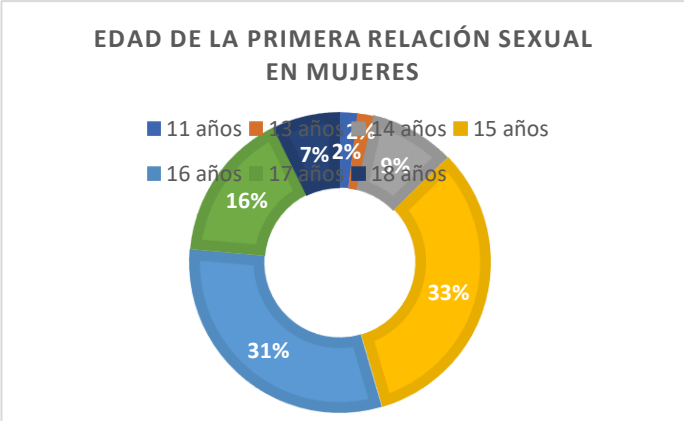


Figura 1. Edad de la primera relación sexual en mujeres. Fuente: elaboración propia.

Se encontró también que la persona con la que tuvieron su primera relación sexual es la pareja (81%); un conocido, free o amigo (13.7%); un familiar (1.7%) y otro (3.40%).

El 68.9% de las mujeres utilizaron un método anticonceptivo en su primera relación sexual, el más usado fue el condón masculino (92.5%) y la pastilla de emergencia (7.5%). Se hallaron evidencias que muestran que posteriormente a la primera relación sexual, se diversifican los métodos anticonceptivos que utilizan las jóvenes ya que refieren nuevamente al condón y a las pastillas anticonceptivas y, además, al uso del coito interrumpido como una forma de prevenir un embarazo (4%).

Respecto a quienes no utilizaron metodología anticonceptiva en su primer encuentro sexual (correspondiente al 31% del total de mujeres que han tenido relaciones sexuales), el 38.8% dicen que fue porque no habían hablado previamente del tema, el 16.5 de ellas no lo creyó necesario y el 16.5 de las participantes se dejaron llevar por el momento. En este mismo sentido, también se encontró que hay mayor índice de uso de metodología anticonceptiva en la primera relación sexual que en las posteriores pues las participantes reportan que actualmente sólo el 43% usan algún método anticonceptivo. Quizá esto se deba al temor fundado desde la educación sexual con enfoque preventivo donde se refiere al embarazo como una consecuencia del inicio de la vida sexual. Posteriormente, conforme a la experiencia adquirida y a la familiarización con una vida sexual activa, se adquiere cierta confianza y se abandonan las prácticas de cuidado en lo que a un embarazo o una ITS se refieren.

Aun cuando las mujeres señalan sobre el uso de algún anticonceptivo, han tenido relaciones sexuales sin protección pues el 79% así lo reporta. Estas mismas mujeres que han tenido relaciones sexuales sin protección, han recurrido al uso de la pastilla de emergencia al menos una vez. Lo anterior nos permite inferir que el uso de metodología anticonceptiva se vuelve aleatorio y que recurren a lo que en el momento tengan a la mano.

Las relaciones sexuales de riesgo se vuelven una constante entre las jóvenes pues se encontró que el 56% de mujeres con vida sexual activa actualmente no está utilizando métodos anticonceptivos que las

mantengan seguras y les permitan decidir sobre su reproducción.

Se ha dejado ver la estrecha relación que existe entre las variables relaciones sexuales sin protección y uso de la pastilla de emergencia. Lo anterior se sostiene en que el 72%, es decir, 3 de cada 4 mujeres han recurrido al uso de éstas al menos una vez en su vida sexual activa. Por lo que se vuelve el método anticonceptivo al que recurren al tener relaciones sin protección, lo cual es un riesgo para ellas por el desorden hormonal que estas provocan.

Respecto a la atención de su salud sexual y reproductiva, se preguntó si han acudido a consulta con un(a) ginecólogo(a) y solo el 22% respondió que sí, mientras que el 77% nunca ha acudido. Entre las razones por las que nunca han ido a consulta destacan principalmente "No lo veo necesario", "No sé", "No he tenido tiempo" y "Por pena y/o vergüenza". En la figura 2 se integran las principales respuestas obtenidas sobre el motivo que las mujeres encuestadas han tenido para no acudir a consulta ginecológica.



Figura 2. Motivo por el que no acudieron a consulta ginecológica. Fuente: elaboración propia.

Así mismo, quisimos saber cuántas de ellas se han realizado el Papanicolaou y solo el 2.7% ha acudido a practicarse este estudio médico. Recordemos que el porcentaje de mujeres con vida sexual activa fue del 31% y que la recomendación es realizarla una vez al año ya que da inicio la vida sexual.

Avanzando en el tema, preguntamos sobre si alguna vez se habían realizado la autoexploración de los senos, el 47% respondió que sí y el 51% nunca lo ha hecho. Lo cual se acompaña con el dato que compartimos anteriormente, y que nos permite señalar que hay porcentajes muy bajos en cuanto a la atención de la salud sexual y reproductiva.

Se averiguó si las mujeres que participaron en este cuestionario alguna vez se han mirado completamente desnudas frente a un espejo y el 71% dijo haberlo hecho. En contraste, preguntamos si habían visto su vulva con ayuda de un espejo y el 74% respondió que no. Vemos aquí que, si bien hay una exploración del cuerpo, se tiene restricción sobre aquellas zonas que hacen referencia a lo sexual.

De esta manera es que se puede hacer notar que las mujeres no atienden a su salud sexual y reproductiva y que las prácticas de atención y cuidado están atravesadas por creencias y mitos; además, acudir con profesionales de la salud sexual les genera pena o vergüenza.

La masturbación en las mujeres alcanza un porcentaje del 21%, es decir, 2 de cada 10 mujeres se masturban. La frecuencia en la masturbación es de 1 a 3 veces por semana alcanzando el 82%, la frecuencia de 4 a 7 veces tuvo un 2.5% al igual que la frecuencia más de 8 veces a la semana (ver figura 3). En este mismo sentido, preguntamos si han utilizado algún juguete sexual o algún otro objeto para estimularse sexualmente y únicamente el 1.6% lo ha hecho.

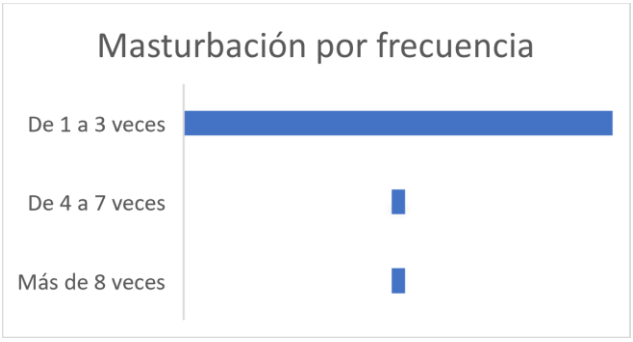


Figura 3. Masturbación por frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

Conocer la noción que tienen sobre el orgasmo fue otra de las preguntas incluidas en el cuestionario, el 28% (aproximadamente, una de cada cuatro) dijo haberlo experimentado. Lo definieron con sus propias palabras y se encontró diversidad en las respuestas desde quienes dejaron el espacio en blanco hasta quienes hacen referencia a variadas expresiones de tal hecho, a través del cuerpo. A continuación, las principales respuestas obtenidas:

Tabla 2.
Definiciones de orgasmo.

Experiencia corporal	"Algo que se produce en el cuerpo cuando sientes placer". "Sentir sensaciones en la parte íntima". "Excitación".
Cómo llegar al orgasmo	"Cuando te masturbas, llegas a un placer llamado orgasmo". "Estimulación del clítoris". "Placer que se tiene al momento de que se introduce algo a la vagina".
El orgasmo ligado a las relaciones sexuales	"Cuando te sientes satisfecha con el acto que se está haciendo". "Un punto donde encuentras mucho placer al tener relaciones sexuales". "Cuando te dan placer". "Cuando te satisfacen". "Es cuando la mujer siente placer en el acto sexual y se vienen".
El orgasmo como fluido	"Es un fluido que se genera a partir de una satisfacción sexual". "Es como el semen". "Cuando sientes bien y sale algo". "Punto de excitación, produciendo eyaculación".
Experiencia poco accesible para las mujeres.	"Es algo que es muy muy difícil de provocar en la mujer". "Es un sentimiento o sensación de placer que no con cualquier persona lo llegas a tener y es importante en los seres humanos experimentarlo alguna vez".
Desinformación sobre el orgasmo	"Células sexuales que se generan". "Sonido que se produce cuando sientes placer sexual".

Fuente: elaboración propia.

En el mismo tenor, en la Figura 4 presentamos la relación entre mujeres que han tenido relaciones sexuales, con mujeres que han tenido un orgasmo.

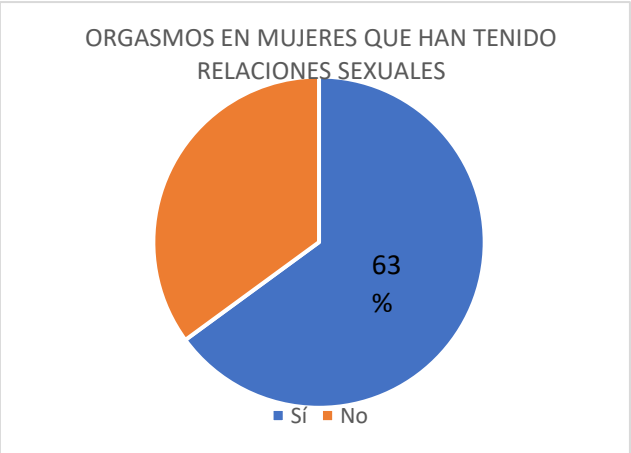


Figura 4. Orgasmos en mujeres que han tenido relaciones sexuales.
Fuente: elaboración propia.

Del total de mujeres que han tenido relaciones sexuales (representadas por el 31% de la muestra), el 63% ha tenido un orgasmo; de éstas últimas, más de la mitad se ha masturbado. Dos mujeres dicen no haber experimentado el orgasmo aun con la masturbación.

De estas mujeres que han tenido relaciones sexuales (nos referimos nuevamente al 31% de la muestra), quienes no han experimentado un orgasmo, es decir el 34% de las mujeres, refieren no saber qué es o lo definen en referencia con las relaciones sexuales coitales y como "algo muy difícil de provocar en la mujer". Es relevante mencionar que del total de mujeres que han tenido relaciones sexuales y que no han experimentado un orgasmo, el 90% no se ha masturbado. Esto nos hace considerar que además de que dejan la responsabilidad de su placer en el otro(a), queda claro que no buscan otras formas de llegar al orgasmo y que no exploran su cuerpo.

Las mujeres que han experimentado un orgasmo y que aún no han tenido relaciones sexuales representan el 11.2%. Ellas lo han sentido a partir de la masturbación y en sus definiciones de orgasmo hablan de clítoris, estimulación, estímulo nervioso, satisfacción, placer. Lo que nos permite inferir que, al menos en este pequeño grupo de mujeres, hay una mayor práctica de la exploración de su cuerpo pues 2 de cada 3 han visto su vagina con ayuda de un espejo y 1 de cada 3 se ha practicado la exploración de los

senos. La constante sigue siendo sin duda la escasa atención a la salud sexual y reproductiva pues sólo 1 de ellas ha acudido a revisión especializada de un(a) ginecólogo(a).

El consumo de pornografía es otra de las prácticas que buscamos representar en este apartado, así que preguntamos quiénes han visto pornografía y obtuvimos los siguientes resultados: el 29.7% de las mujeres dice haberlo hecho. Las principales vías de acceso para la obtención de este tipo de material son las páginas de internet, las redes sociales y la televisión.

Discusión y resultados

Los resultados de este estudio muestran que las mujeres se encuentran en constante riesgo en sus prácticas sexuales puesto que no hacen uso de aquellos recursos como la orientación médica o la metodología anticonceptiva para decidir sobre su reproductividad o evitar contraer una ITS.

Además, sus encuentros sexuales no siempre tienen como resultado un orgasmo puesto que, una tercera parte de ellas enuncian que no lo han experimentado ni por las relaciones sexuales coitales ni por la masturbación.

Persisten mitos y creencias religiosas que limitan la atención de su salud sexual y reproductiva, aunadas al miedo y la vergüenza que las mujeres sienten que alguien más vea su cuerpo. Esto retribuye en una omisión de cuidados para sí mismas puesto que no acuden a realizarse los estudios pertinentes para prevenir cualquier situación de salud.

Con referencia al análisis sobre educación sexual integral, conocimientos y actitudes en sexualidad en adolescentes escolarizados (2014), encontramos similitud con el inicio de la vida sexual (28%), aunque con una diferencia de 3 puntos arriba (31%) en el caso del diagnóstico realizado en el plantel educativo en el que se centró esta investigación. De igual manera, el inicio de la vida sexual ocurre principalmente con el novio o pareja, en ambos estudios.

El hecho de que no utilicen metodología anticonceptiva desde su primera relación sexual nos lleva a deducir que en los encuentros posteriores reducirá su utilización. Y esto nos permite plantearnos la siguiente pregunta: ¿qué es lo que motiva a las jóvenes a usar o no usar la metodología anticonceptiva? Finalmente, antes de llevar a término un embarazo, tienen otras opciones como la pastilla de emergencia que es el penúltimo recurso para evitarlo, o el aborto; éste último aún con barreras legislativas para practicarse dentro del Estado de Querétaro.

La omisión del uso de algún anticonceptivo no solo pone a las jóvenes en situaciones de riesgo de un embarazo no planeado o la transmisión de alguna ITS. Además, las coloca en situaciones de vulnerabilidad como el rechazo familiar, la deserción escolar, la dependencia económica, la acentuación de condiciones de pobreza, entre otras.

Entre los métodos más utilizados en el caso de los resultados obtenidos por el cuestionario aplicado para esta investigación, encontramos que el condón masculino fue usado por el 92.5% de las mujeres que sí utilizaron metodología anticonceptiva en su primera relación sexual. Esto puede deberse a la popularidad de este método anticonceptivo, a su amplia difusión en campañas de salud, a lo accesible que puede ser en su costo y disponibilidad en establecimientos comerciales.

Las relaciones de noviazgo son relevantes en la vida de las jóvenes pues durante el bachillerato casi 7 de cada 10 se encuentra en una relación afectiva. Recordemos que la persona con la que en su mayoría inician su vida sexual, es la pareja (8 de cada 10). Así que, además del vínculo afectivo, pueden llegar a establecer un vínculo sexual con esta persona. Aún con las restricciones que algunas de las jóvenes encuentran en casa para iniciar una relación de noviazgo, buscan la manera de mantenerla. Si desde el imaginario social, el noviazgo se vincula con las relaciones sexuales y, además, se encuentra atravesado por la restricción en los permisos, se evidencia aquí la regulación que existe sobre el inicio de la vida sexual de las mujeres. El control sobre el cuerpo limita su autonomía física y por lo tanto su

marco de acción; ante marcos muy restrictivos, ellas recurren a estrategias para evadirlos, lo cual las puede colocar en situaciones de riesgo, a mentir respecto a lo que realmente hacen cuando están fuera de casa, a dónde van y con quien se encuentran.

El uso de metodología anticonceptiva sería una manera de que ellas tengan en sus manos la postergación o la prevención de un embarazo, sin embargo, se encuentran en constante riesgo porque el uso, al menos del condón, se vuelve un hecho aleatorio. Se hallaron evidencias que muestran que posterior a la primera relación sexual, se diversifican los métodos anticonceptivos y se integran algunos hormonales que implican un conocimiento más a fondo de su funcionamiento y de su aplicación. Así mismo, al optar por estos últimos, se colocan en riesgo de una ITS por no haber una barrera de protección entre los genitales.

Otro hallazgo importante que comparten ambos estudios es que las relaciones sexuales sin protección son una constante entre las jóvenes y esto permite evidenciar que no en todos los casos hay una anticipación adecuada del evento. Así mismo, en este estudio hizo falta indagar sobre la posible negociación del uso de metodología anticonceptiva y las estrategias de las cuales se valen las jóvenes para este fin.

Los cuidados también se omiten cuando se trata de asistir a revisiones periódicas sobre su salud sexual y reproductiva. Este resultado se encuentra vinculado con el miedo, los mitos y a las creencias religiosas donde se otorga un valor importante al cuerpo de las mujeres mientras conserve su pureza. El miedo a atender su salud sexual y reproductiva se justifica con lo innecesario que puede parecer mientras no se tenga ninguna complicación de salud aparente o un embarazo que atender. De tal manera que los índices sobre la práctica de estudios como el papanicolaou son muy bajas, aun cuando se recomienda su realización una vez iniciada la vida sexual.

Teniendo en cuenta a Fina Sanz (2012), en la tradición cristiana se establece la dicotomía dolor-placer, donde el dolor es valorizado y el placer penalizado. De esta manera se sobrepone lo reproductivo sobre lo placentero puesto que parir representa dolor, sacrificio, amor, sufrimiento; y por su parte, el placer representa el goce, satisfacción, agrado. Tomando en cuenta que 3 de cada 4 de las participantes en este estudio son católicas, no es de extrañar que estas ideas permeen sobre su sexualidad.

Teniendo como punto de partida las definiciones de orgasmo que hicieron las mujeres que han iniciado su vida sexual, se tiene evidencia de los conocimientos y la experiencia que manejan al respecto. Se puede demostrar que hay quienes no lo han sentido a través de las relaciones sexuales ni de la masturbación. En cuanto a las relaciones sexuales coitales, surgen varias interrogantes: ¿cómo son sus relaciones sexuales? ¿qué papel juegan las mujeres en estos encuentros? ¿habrán entablado alguna conversación con sus parejas para referir si alcanzaron el orgasmo? ¿El orgasmo es la meta final de sus encuentros?

Hay varias explicaciones posibles para estos resultados. Algunas pueden ser: a) las relaciones sexuales se centran en el placer de la pareja y no en el placer propio, b) no saben dónde estimularse para alcanzar el orgasmo, c) esperan alcanzar el orgasmo con la penetración, d) desconocen la ubicación del clítoris, e) poca o nula exploración de su cuerpo, c) no hay confianza con la pareja para referir a los puntos en los que sienten placer.

Además, el orgasmo femenino es un placer negado en dos sentidos: en cuanto a su existencia y como práctica de las mujeres. Y si el orgasmo femenino es un tabú, lo es aún más la masturbación femenina. El hecho de que una mujer se toque a sí misma para generarse placer es desaprobado socialmente. La constante entre quienes no han tenido un orgasmo, es definitivamente la masturbación pues casi la totalidad de las mujeres que no lo han experimentado declaran que tampoco se han masturbado tampoco.

La afirmación de Sanz (2012) sobre el alejamiento de las mujeres de su erótica la podemos

confirmar a través de los resultados obtenidos con las mujeres jóvenes que formaron parte de este estudio. Lo anterior dado que una manera de conocerse y apropiarse del propio cuerpo, es la observación, la exploración, el conocimiento y reconocimiento de las sensaciones, etc. La masturbación posibilita el autoconocimiento y esto de alguna manera puede encauzar sus prácticas sexuales a una experiencia más grata donde desempeñen un papel más protagónico o que al menos, retribuya en una práctica en condiciones en las que ellas mismas reconozcan lo que sienten.

A lo largo de estas líneas pudimos conocer cuáles son las prácticas sexuales de las mujeres jóvenes de un colegio de bachilleres; con ello es posible advertir que es necesario reforzar la educación de la sexualidad y dirigirla hacia un enfoque integral que considere no solamente lo reproductivo, sino que refiera al placer, a la diversidad, a la libertad y a lo importante que es que, en este caso específico, las mujeres, se apropien de su cuerpo y tengan las habilidades para tomar sus propias decisiones que velen hacia su desarrollo.

Aun cuando la metodología anticonceptiva es una herramienta que pueden utilizar a su favor, la efectividad de los mismos puede verse reducida de manera considerable por el desconocimiento de su uso.

Los derechos sexuales y reproductivos son un mecanismo en pro del desarrollo de la sexualidad de las mujeres, además, de ser un compromiso asumido por el Estado ante instrumentos internacionales. Una realidad es que no todas las mujeres los conocen y, por lo tanto, no les es posible demandar su garantía.

Claro está que el ideal sería que las mujeres tuvieran todas las condiciones para desarrollar una sexualidad autónoma, que no se alcanza meramente aprendiendo las opciones anticonceptivas que tienen a la mano, ni usando el condón de manera correcta, ni colocando en su plan de vida que desean tener un hijo hasta que tengan determinada edad porque entonces regresamos nuevamente a la visión biologicista y reproductiva de la sexualidad. Estamos refiriendo al bagaje necesario para el ejercicio de su sexualidad perfilada hacia la exploración, el placer, el erotismo; este lado oscuro del cual huyen las instituciones por la polémica que causa entre padres, madres de familia y tutores. Si bien cada persona tiene su propio criterio, lo que no se puede dejar pasar es recalcar nuevamente sobre la importancia de una educación integral de la sexualidad.

Por su parte, las juventudes se han encargado de que, dentro de las transformaciones sociales, la sexualidad también se transforme y se encuentre en constante movimiento. Cada sociedad le impregna su propia marca de acuerdo a sus circunstancias y a su tiempo. Esta advertencia va en el sentido de que, lo que hoy estamos enunciando como las prácticas sexuales de las y los jóvenes, puede irse diversificando con el paso del tiempo.

Referencias bibliográficas

Amuchástegui, A. (2000). Virginidad e iniciación sexual en México. Experiencias y significados. México, Edamex: Population Council.

Aldana G., A. (2008). Psicología y sociología del erotismo. En Arango de M., I. Sexualidad humana. (pp. 31 a 45). México: Manual Moderno.

Asociación Mexicana para la Salud Sexual A. C. (AMSSAC) (13 de mayo del 2021). Definiciones básicas. https://www.amssac.org/biblioteca/definiciones-basicas/

Foucault, M. (1998). Historia de la sexualidad 1: la voluntad del saber. 2da. Edición. México: Siglo XXI Editores.

Herrera, J., & Cairo, L. A. (2009). Apropiación de derechos sexuales y reproductivos en la adolescencia: dimensiones de la ciudadanía. La ventana. Revista de estudios de género, 4(30), 148-180.

Instituto Nacional de Salud Pública. (2014). Análisis sobre educación sexual integral, conocimientos y actitudes en sexualidad en adolescentes escolarizados. Informe final. Recuperado el 11 de abril 2021, de http://www.censida.salud.gob.mx/descargas/transparencia/estudios_opiniones/InformeFinal_INSP.pdf

Sanz, F. (2012). Psicoerotismo Femenino y masculino. Para unas relaciones placenteras, autónomas y justas. España: Kairos.

LA EXPRESIÓN ARTÍSTICA PARA EL DESARROLLO DE LA SENSIBILIDAD SOCIO AFECTIVA Y LA FORMACIÓN EN VALORES

Lic. Karla Itzel Castro Campos

I. Planteamiento del problema y preguntas de investigación.

Planteamiento del problema:

La Escuela de Bachilleres de la Universidad Autónoma de Querétaro, tiene su fundamento en la educación propedéutica, la cual tiene como función formar estudiantes con una perspectiva humanística y científica, centrada en el aprendizaje y la educación de calidad, por medio del desarrollo de procesos cognoscitivos que les permitan entender, comprender e interactuar con la realidad social. Lo anterior para dar paso a la etapa universitaria y a su inserción a una sociedad de manera activa. Por lo que es de suma importancia ofrecerles una educación transversal, artística y de valores, ya que se ha observado que en la Escuela de Bachilleres UAQ, Plantel Sur los estudiantes experimentan una realidad carente de sensibilidad socio afectiva, por lo que su nivel de valores de respeto, solidaridad, justicia y paz es limitado. Siendo una problemática importante en el contexto educativo universitario se propone realizar un proyecto de intervención basado en la expresión artística para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva y la formación en valores, dirigido a las alumnas y los alumnos del 5to semestre de la Escuela de Bachilleres UAQ, Plantel Sur.

Preguntas de investigación:

¿Por qué el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva coadyuva en la formación de los valores respeto, solidaridad, justicia y paz?

¿Por qué las actividades artísticas apoyan para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva en estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ?

¿Qué parámetros se pueden utilizar para reconocer la presencia de los valores en estudiantes?

¿Qué relación existe entre la expresión artística y la sensibilidad socio afectiva?

¿Es la expresión artística un medio para la formación de valores de respeto,

solidaridad, justicia y paz?

¿Cuáles son los fundamentos teóricos transversales de la ética y el arte que favorecen la formación ética de los estudiantes de la escuela de Bachilleres, Plantel Sur UAQ?

II. Justificación

La juventud tiene un papel protagónico en la sociedad mexicana, por lo que la urgencia radica en hacer planteamientos estrictos para que desde la enseñanza se efectivice la formación de valores en la educación, que permita desarrollar conductas individuales y sociales en los individuos, para adaptarse a una sociedad desde sus construcciones particulares relacionadas con la solidaridad, la justicia y la paz.

En la formación propedéutica que ofrece la Escuela de Bachilleres, se ofrece, a través de la materia Arte y Estética, un acercamiento al desarrollo de la sensibilidad artística que permite aproximarse a la formación de valores; sin embargo, siguen experimentando una realidad carente de sensibilidad socio afectiva, en la cual desemboque esa aproximación a los valores de respeto, solidaridad, justicia y paz. Por lo anterior es de suma importancia que las y los estudiantes de la Escuela de Bachilleres encuentren un terreno propicio para hacer uso de su formación en valores por medio del desarrollo de su sensibilidad artística.

III. Antecedentes/estado de la cuestión.

Origen de la Universidad Autónoma de Querétaro

Este primer apartado refiere al análisis histórico de la Universidad Autónoma de Querétaro y de la Escuela Bachilleres de la UAQ, con el fin de establecer la importancia que ha tenido esta casa de estudios desde su inicio.

La educación en Querétaro comienza en el siglo XVII, siglo que se distinguió como el "El siglo de las glorias Queretanas" haciendo alusión al reconocimiento de la ciudad como una de las más hermosas de la Nueva España. Para ese entonces Querétaro crecía con el resguardo de la orden de San Francisco, quienes además de sus labores evangelistas se dedicaron a la educación de la población indígena, pues la educación de españoles y criollos, por su condición económica, correspondía a sus padres. (Obregón Alvarez , Rincón Frías , & Anaya Larios , 1987)

En el año de 1615 la Compañía de Jesús comenzó los planes para establecer uno de sus colegios, es hasta el 12 de marzo de 1618 que se brindó la licencia real para que la Compañía de Jesús se asentara en Querétaro, autorizándose el 20 de junio de 1624.

El doctor Diego de Barrientos y Rivera letrado de la Real Audiencia y ex gobernador y ex alcalde mayor compartía la idea de establecer una casa y Colegio de Jesuitas, por lo que aportó 30 mil pesos para que sucediera. Fue entonces que el 20 de agosto de 1625 se fundó en Querétaro el Colegio de San Ignacio, aún bajo el riesgo de ser cerrado por falta de recursos económicos; sin embargo, el benefactor de Querétaro Don Juan Caballero y Osio reedificó la iglesia y el colegio; además de fundar y proveer lo necesario al Colegio de San Francisco Javier. (Obregón Alvarez , Rincón Frías , & Anaya Larios , 1987)

En 1767 los Jesuitas fueron expulsados de la Nueva España, por decreto de Carlos III; por ello fueron clausurados los Colegios. Posteriormente el 26 de septiembre de 1772, el mismo Carlos III ordenó la reapertura de los Colegios, patrocinándolos; para lo cual el Virrey don José María de Bucareli designó rector al Licenciado José Antonio de la Vía Santelices; sin embargo "fue necesario que pasaran otros años para que se dieran las condiciones idóneas para la tan esperada reapertura" (Obregón Alvarez , Rincón Frías , & Anaya Larios , 1987, pág. 31). El regreso a clases fue el 25 de febrero de 1778,

teniendo a profesores como Manuel de Iturriaga, Pedro de Arce y Jacobo Pardo. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

Para 1821 los colegios ya no formaron parte del real patrocinio, por ello se apreciaban como instituciones privadas por el Congreso Constituyente del Estado; en 1824 el mismo Congreso decretó por imposición a los Colegios de Querétaro jurar observancia de la Constitución Federal, un año después se dio facultad al Gobierno Estatal de coordinar a los Colegios de San Ignacio y San Francisco Javier. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

El 4 de octubre de 1827 se creó la Licenciatura en Derecho, las clases dieron inicio el 18 de octubre de dicho año. “Los años de 1849 y 1850 fueron definitivos en la vida de los colegios, se sentía un malestar general, los planes de estudio necesitaban restructuración, las viejas filosofías no se avenían a los tiempos moderno” (Obregón Alvarez , Rincón Frías , & Anaya Larios , 1987, pág. 83) En el año 1861 los Colegios se volvieron abrir, cerrándose de manera definitiva en marzo de 1867, porque se comenzó la ocupación militar del ejército imperial en el estado; poco a poco se dio la recuperación de la ciudad de Querétaro y de esa forma se cambió al Colegio Civil en 1869. (Obregón Alvarez , Rincón Frías , & Anaya Larios , 1987)

El 4 de enero de 1876 el Colegio Civil estableció las carreras de Notario Público, Farmacéutico e Ingeniero Topógrafo. La ley del 13 de enero de 1896 que regía dicha institución educativa se inspiró en el positivismo y estuvo vigente durante 15 años. En 1910 el pueblo queretano pidió la renuncia del entonces gobernador Francisco González de Cosio; por su parte los estudiantes exigieron la renuncia de tres rectores en un solo año, causando la primera huelga del Colegio en contra del Ing. Salvador Álvarez. Por otra parte, el gobernador Carlos M. Loyola, el 12 de marzo de 1912 proclamó la Ley de Instrucción Preparatoria y Profesional, la cual estuvo vigente hasta el 27 de octubre de 1914, ya que el general Federico Montes decretó el cierre del Colegio Civil suprimiendo las carreras profesionales y creando la Escuela Preparatoria de Querétaro. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

> La Universidad Autónoma de Querétaro es una institución que fue creada para impartir educación superior en el estado de Querétaro, con la finalidad de formar los recursos humanos necesarios para el progreso de la identidad y promover, como agente de cambio, el desarrollo de la sociedad queretana.
> (Obregón Alvarez , Rincón Frías , & Anaya Larios , 1987, pág. 19)

A finales de 1950 que deja de llamarse Colegio Civil para dar inició al proyecto de creación de la Universidad Autónoma de Querétaro, siendo el Cnel. y Lic. Juan Álvarez y el Lic. Fernando Díaz Ramírez, los que llevan a cabo dicho proyecto. El 24 de febrero de 1951 dieron inicio las clases en la Universidad Autónoma de Querétaro con su escuela Preparatoria, la escuela de Derecho y la de Ingeniería; sin embargo, en la escuela de Ingeniaría solo se cursaban los dos primeros años, ya que los posteriores se cursaban en la Facultad de la UNAM. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

En 1952, el Dr. Vasconcelos creo la frase “Educo en la verdad y en el honor” (investigar la creación de la frase) En 1952 se crearon las escuelas de Química y Enfermería y en 1953 se instauró el Instituto de Bellas Artes y en el siguiente año la escuela de Comercio y después la Escuela de Contabilidad. En 1958 el gobernador de ese entonces, el Lic. Juan C. Gorráez, nombró como rector al Dr. José Alcocer Pozo y por ello estalló un conflicto en el que los estudiantes pedían el retorno del Lic. Fernando Díaz Ramírez y la autonomía Universitaria, debido a la imposición del gobernador del rector. El 5 de febrero de 1959 comenzó el régimen autónomo en la UAQ. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

Para 1963 se formó la Licenciatura en Administración de Empresas en la Escuela de Contabilidad. En 1967 se instauró la escuela de Psicología y la escuela de Idiomas. Y en 1971 la Escuela de Química ofertó las áreas terminales de Química en Alimentos, Metalurgia, Química Agrícola y Farmacología. El 8 de diciembre de 1973 las instalaciones de la UAQ se cambiaron al Centro Universitario ubicado en el Cerro de las Campas, hasta la actualidad. En 1978 se funda la escuela de Medicina; en 1984 la Escuela de Sociología, en el siguiente año la Escuela de Veterinaria y Zootecnia, en 1987 los planteles de

Informática y Filosofía. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

A partir de 1975 comenzaron los primeros Posgrados en las escuelas profesionales: Maestría en Ciencias y tecnología de Alimentos. En 1977 la maestría de Psicología Clínica y Ciencias de la Educación.

> En 1980 la Maestría en Docencia de las Matemáticas. En 1981 la especialidad en Hidráulica, se aprueba la especialidad en Mecánica de Suelos y en Derecho Fiscal, Laboral y Penal. En 1982 se aprobó la maestría en Administración, y en 1983 maestría de Construcción; en 1984 y 1985, las maestrías en Psicología Educativa y Fisiología y Anestesiología. En el año de 1987 la Maestría en Derecho Notarial, en Derecho Penitenciario, Maestría en Antropología y en Historia, entre otras. A partir de 1981, se iniciaron formalmente actividades en varios centros de investigación: Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental (CEACA-UAQ), Centro de Investigaciones y Estudios- Históricos (CIEH-UAQ) y Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS-UAQ), Centro de Estudios Lingüísticos y Literarios (CELL-UAQ) y Centro de Investigaciones y Estudios Antropológicos. (Dana, 2021)

Desde la década de los sesenta dio inicio la Extensión Universitaria como una actividad de gran relevancia ya que tenía una importante proyección social y comunitaria; comenzando con una difusión cultural y artística y posteriormente se fueron desarrollando gradualmente con una presencia visible en Querétaro, proyectando conocimientos científicos, humanísticos y de promoción artística.

Actualmente la difusión cultural, el programa editorial, la radiodifusión, la extensión académica, el servicio social, los servicios bibliotecarios y deportivos son acciones que revierten a la comunidad Queretana. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

Origen de la Escuela de Bachilleres de la UAQ.

La Escuela de Bachilleres tiene su antecedente histórico en el Colegio Civil, el 15 de enero de 1869 se fundó la Escuela Preparatoria y las Escuelas Profesionales, cumpliendo con los lineamentos de la Ley de estudios preparatorios del Distrito Federal. Esta ley establecía que la preparatoria debía cursarse en seis años, en donde se incorporaba el

idioma inglés y experimentación de la clase de física. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

En 1915 el Colegio Civil se encarga solo de la enseñanza de la escuela preparatoria y se le dio el nombre de “ESCUELA PREPARATORIA DE QUERETARO”. Fue hasta el 24 de febrero de 1951 que, al ser inaugurada la Universidad de Querétaro, la Escuela Preparatoria de Querétaro formó parte de la UAQ.

En 1964 se hicieron las primeras modificaciones al plan de estudios de la Escuela Preparatoria de Querétaro “el plan de estudios de cinco años se reducía a dos y se separaba la secundaria de la preparatoria”. Con este nuevo plan los alumnos cursaban un tronco común (primer año) y con especialidad (segundo año), las cuales eran ciencias biológicas, ciencias químicas, ciencias sociales y físico – matemáticas”. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019) “En 1964 la Escuela Preparatoria de la UAQ tuvo sus primeras modificaciones, el plan de estudios de cinco años se reduce a dos y se separa la secundaria de la preparatoria” (Daza Damián , 2013). En 1967 realizaron un segundo cambio en donde los estudios de preparatoria se aumentaron un año más y con un plan anual y único.

Después en 1982 el plan de estudios tuvo cambios en donde Biología pasó a los semestres tercero y cuarto; Literatura pasó a ser enseñado al primer y segundo semestre. Ese mismo año se llevó a cabo el programa de asesorías académicas, las cuales apoyaron a los estudiantes en su formación. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)
En 1984 se realizó la incorporación, al plan de estudios, de la materia de cultura física.
En 1991 el mapa curricular se diseñó en tres ejes básicos: la literatura, la filosofía y la historia, en donde se buscaba fincar la idea de formación del estudiante y se promovía que los estudiantes fueran críticos, creativos y constructivos. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

> La ubicación de las asignaturas en el mapa curricular de 1991, atendía al proceso de formación del alumno, por lo que se consideró ubicar en el primero y segundo semestre las asignaturas de carácter instrumental – metodológico; para el tercero y cuarto: las asignaturas con un carácter conceptual y en el quinto y sexto aquellas asignaturas relacionadas con un carácter experimental, lo que permitía la

formación de alumnos críticos, creativos y constructivos.

> En el año 2003 se aprueba en el Consejo Universitario, la Restructuración Curricular para la Escuela de Bachilleres, la cual se basa en el modelo constructivista centrado en el aprendizaje a través de la estrategia educativa del tema problema. El nuevo plan de estudio consta de 42 asignaturas curriculares y dos asignaturas complementarias, tiene una temporalidad de tres años, (divididos en seis semestres), con una carga de 33 horas/semana lo que nos da un total de 198 horas, repartidas en los ejes de: formación matemática, formación de ciencias naturales, formación histórico-social, lenguas y comunicación, y eje de formación personal. (Universidad Autónoma de Querétaro, 2019)

En el contexto educativo del estado de Querétaro, hay un gran liderazgo de la Universidad Autónoma de Querétaro. Este bachillerato atiende al 10.2 por ciento de los jóvenes en la entidad, con un programa educativo propio por sus particularidades y su valor social, dando respuesta a las necesidades de educación con alta calidad académica. (Daza Damián , 2013)

> Los estudiantes son evaluados por organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, con la prueba PISA; y por la SEP a través de la Prueba Enlace, que los colocó en el 2008 en el Primer Lugar a nivel Estatal y Nacional como la mejor escuela de educación pública, gracias a que los jóvenes evaluados obtuvieron excelentes resultados en la Habilidad Matemática y de Comprensión Lectora. En cuanto al trabajo colegiado y a la realización de actividades de tipo pedagógico, los 269 docentes de la Escuela de Bachilleres están organizados en nueve Academias: Matemáticas, Ciencias Sociales, Química, Física, Biología, Psicología y Orientación, Lenguas, Informática e Inglés. Y se encuentran a su vez en las siguientes categorías de contratación laboral: Honorarios o Nómina como Profesores de Tiempo Libre o Tiempo Completo. (Daza Damián , 2013, pág. 3)

Actualmente la Escuela de Bachilleres cuenta con los planteles Norte, Sur, Bicentenario, Amazcala, Colón, San Juan del Río, Pedro Escobedo, Concá y el Bachillerato Semiescolarizado.

IV. Fundamentación teórico-conceptual.

El presente marco teórico aborda elementos que definen, caracterizan y establecen el desarrollo de este proyecto de intervención, el cual se cetra en la observación de la carencia de sensibilidad socio afectiva de los estudiantes e la Escuela de Bachilleres UAQ, Plantel Sur. Es por ello que la fundamentación teórica establece cuatro categorías de análisis: sensibilización socio afectiva, formación en valores, expresión artística y transversalidad, con el fin de intervenir en el presente proyecto de intervención.

Sensibilidad socio afectiva

En los primeros periodos del desarrollo infantil es cuando se comienzan a desarrollar los afectos, también se logran los inicios de las nociones de la moral, sentimientos, hábitos y relaciones; las cuales establecen el proceso moral de la personalidad del individuo. Por ello es importante considerar que la base de la formación del carácter se fomenta en los iniciales cinco años de vida. (González & Colás Cos, 2011)

Para contar con un conveniente desarrollo afectivo es necesario tener una influencia significativa en la calidad de este, y de la misma manera en el desarrollo integral de la personalidad El desarrollo del ser humano se da en el componente de lo afectivo y lo cognitivo, dichas esferas se interpenetran y es así como su recíproca interacción tiene un valor fundamental para dicho desarrollo. (González & Colás Cos, 2011)

El proceso de desarrollo de la conducta socio moral y afectiva es un transcurso complejo que inicia desde el nacimiento y se prolonga durante toda la vida del individuo; y de esa forma se envuelve la formación y desarrollo de sentimientos, cualidades, hábitos de comportamiento social, actitudes, convicciones, que deben pensarse como procesos en formación que en las etapas preescolares no se producirán en forma sólida ni acabada; es por ello que se hace imprescindible fundar las bases de la educación en valores desde los primeros momentos de la vida. (González & Colás Cos, 2011)

El desarrollo del individuo es un procedimiento complicado que se divide en cuatro dimensiones básicas: desarrollo físico, cognoscitivo, emocional y social. Sin embargo cada dimensión enmarca un aspecto individual del desarrollo; existe una

interdependencia importante entre cada una las áreas, por ejemplo: las capacidades cognoscitivas pueden depender de la salud física y emocional como de la experiencia social y cada dimensión expresa a las otras. Pero cada área es importante para entender el desarrollo. También el desarrollo emocional o socio afectivo significa el impulso del apego, la confianza, la seguridad, el amor, el afecto y una variedad de emociones, sentimientos y temperamentos, contiene la mejora del concepto de sí mismo y de la autonomía y un análisis del estrés, las perturbaciones emocionales y la conducta de representación. (Col, 2012)

La sensibilidad socio afectiva se basa en el proceso emocional de los individuos; la necesidad del aprendizaje para el individuo no solo es cognitiva, también es emocional, ya que las emociones no son estados absolutos y el no saber manejarlas perjudica en la interacción social; éstas forman una parte fundamental en la vida de los individuos, son manifestadas por medio de ciertos rasgos o características en la expresión facial, son innatas y por lo tanto se pueden clasificar en dos formas, emociones básicas y emociones secundarias. (Ekman, 2003)

Las emociones básicas son seis: alegría, tristeza, miedo, enojo, sorpresa y asco. Su manifestación es importante para la supervivencia y la preservación de la especie. (Ekman, 2003)

> Las emociones no vienen de la nada: son el resultado de cabios, a veces bruscos y a veces sutiles, en nuestros modos de organizar la experiencia del mundo y en nuestras formas de enfrentarnos a la realidad. Es decir, son resultado de cambios de pensamiento y de cambios de comportamiento observable. No siempre somos conscientes de que están ocurriendo o, si nos damos cuenta de ellos, pueden parecernos procesos naturales o inocuos. Pero cuando esos cambios de conducta y de pensamiento generan insatisfacción y dolor, se activan las emociones, se prenden flamas emocionales. (Bartolomé, 2006, pág. 20)

La inteligencia emocional es la capacidad de los individuos de controlar o regular sus emociones. Una persona con inteligencia emocional debe tener habilidades como: motivarse, persistir, controlar los impulsos, demorar la gratificación, regular el humor y

mostrar alegría y esperanza. Por lo tanto, puede ser que haya personas con un gran nivel de inteligencia académica, pero la inteligencia emocional puede no estar del todo desarrollada. Esto conlleva a que para los sujetos sea difícil enfrentarse a las distintas situaciones que se presenten en su vida y no tengan la capacidad de resolver un conflicto de la mejor manera. (Goleman, 1996)

Para desarrollar la inteligencia emocional es importante que el individuo se conozca a sí mismo, sea autocrítico y autorreflexivo y que de igual forma conozca, maneje, reconozca y gestione sus emociones. (Goleman, 1996)

Formación en valores

Cada una de las sociedades y dependiendo del momento histórico han establecido el sistema general de valores que creen son más pertinentes para satisfacer las necesidades sociales, siendo la escuela el organismo administrador de su transferencia y tratamiento, mediante de la acción educativa que se desenvuelve en su seno. Es así como la educación es la acción cultural que lleva a cabo en un contexto intencionalmente instaurado para la transmisión de los saberes, las destrezas y los valores que son exigidos por el conjunto social; y de esa forma todo proceso educativo está íntimamente relacionado con los valores. (Parra Ortiz, 2003)

Gracias a la educación cada grupo de individuos tiende a perpetuarse, siendo los valores el medio que da cohesión al grupo a proporcionarles determinados estándares de vida. Durante el tiempo, las instituciones educativas han ayudado, de manera definitiva al proceso de socialización de las nuevas generaciones en los valores comunes, los cuales son compartidos por el grupo social, con el propósito de garantizar el orden en la vida social y su continuidad. (Parra Ortiz, 2003)

Al ser la trasmisión de valores percibidas como esenciales la educación en valores tienen un inmenso interés social y educativo, por ello se encuentra presente como contenido específico en el currículum escolar de todos los niveles educativos. (Parra Ortiz, 2003).

Los individuos requieren que en medio de cualquier cambio haya también estabilidad: en cuanto a los bienes culturales transmitidos, tradición y normas fijas de regir la vida,

además de una coacción social y unos controles, a fin de que los individuos adquieran y conserven autocontrol según dichas normas.

> Para que sea posible y eficaz ese aprendizaje de valores se requieren tres condiciones principales: una relativa unidad y congruencia en los valores de los agentes educativos (familia, escuela y estado): la constancia de sus costumbres, y, el buen ejemplo de las personas con las cuáles uno convive efectivamente (Parra Ortiz, 2003, pág. 71)

Desde la pedagogía, los valores surgen expresados de forma prescriptiva en los currículos oficiales, reformulados en los planes educativos y en lo ideal de cada centro educativo, donde se adaptan a la cosmovisión de cada comunidad educativa, especificándose y materializándose en el proceso de intervención, y a su sistematización y estructuración de éstos. En cuanto a la práctica educativa es necesario facilitar la recreación de valores, y la jerarquización por medio del docente. (Parra Ortiz, 2003)

Se trata del periodo final de un proceso educativo que comienza con las formulaciones de las metas determinadas para la educación obligatoria, de proponerse que el educando obtuviera los valores apropiados y los interiorice y traslade luego en un propósito personal de vida que guíe sus acciones como individuo y como ciudadano de una sociedad.
Cuando se sabe la necesidad de la educación en valores de manera concreta, existen dos problemáticas que el docente debe de asumir: qué valores y actitudes pueden y deben ser contenidos de la educación y qué técnicas y estrategias se pretenden transmitir para enseñarlos. (Parra Ortiz, 2003)

Para la formación en valores es sumamente importante por medio de la presencia de un eje transversal que funcione en el proceso de formación en valores, ya que se vive una crisis de valores en la sociedad. En la actualidad la colectividad pide más fuertemente que las universidades, profesionales competentes con formación integral no sólo dependan de los conocimientos y habilidades que se adquieren en los atrios docentes, sino de las convicciones, sentimientos y valores éticos que regularizan la acción profesional del egresado, lo cual demanda de una consistente formación axiológica. (Botero Chica , 2006)

La transversalidad ha sido una herramienta articuladora que permite interrelacionar, al sector educativo con la familia y la sociedad. En la actualidad algunas instituciones se han encargado de diseñar estrategias para la formación en valores usando el instrumento de ejes transversales con la finalidad de dar una dirección integradora a su currículo, ofrecer una formación completa a sus estudiantes y formular un cimiento ético al trabajo de la propia institución.

El enfoque transversal no contradice el valor de las disciplinas en sí mismas, sin embargo, exige una investigación de las estrategias aplicadas tradicionalmente en el salón de clases; agregando al currículo en todos sus niveles, una educación significativa para el estudiante por medio de la unión entre dichas disciplinas con las problemáticas sociales, éticas y morales presentes en su realidad. (Botero Chica , 2006)

> Los ejes transversales interactúan interdisciplinar y transdisciplinariamente para lo cual es necesario que se den cambios de mentalidad, empezando por cuestionar abiertamente el carácter 'patrimonialista' que facultades, departamentos didácticos y docentes tienen de su asignatura, de la que se consideran dueños absolutos. Los ejes transversales están fuertemente vinculados con las estrategias de innovación y participación educativa. (Botero Chica , 2006, pág. 52)

Es así como se compone un campo de experimentación predilecto para que los diferentes colectivos, incluyendo padres de familia y asociaciones, auxilien en su establecimiento, por medio de actividades de soporte en el salón de clases y de carácter educativo complementarias, que posteriormente concedan el poseer un carácter espontáneo, pero que también se constituyan de los modelos y proyectos educativos de la institución.

Los ejes transversales apoyan a la formación ecuánime de la personalidad, instruyendo el respeto a los derechos humanos y a otras culturas, al desarrollo de prácticas que luchan ante el consumismo desaforado y de esa forma eliminan discriminaciones existentes por cuestiones sexo, o por la pertenencia a una minoría étnica. (Botero Chica , 2006)

Transversalidad

La parte transversal del currículo educativo plantea reflexiones que no son nuevas en el campo de la pedagogía, de la didáctica o de la filosofía, no obstante su singular contribución reside en hacer explícitas una serie de deseos de cambio en la práctica educativa y en el perfil del futuro ciudadano, aglutinándolas y proveyendo un espacio dentro de los presentes diseños curriculares que facilita su progreso, de manera teórica y práctica. (Reyábal & Sanz , 1995)

La manera de comprender la acción pedagógica admite dos grandes enfoques, con ambiciones y proyectos muy diferentes, que se pueden encuadrar esquemáticamente bajo los términos enseñar y educar. Mientras la enseñanza suele involucrar el mostrar o exponer saberes, especialmente de tipo conceptual o procedimental, y de carácter prioritariamente científico o técnico, dirigidos a constituir trabajadores más o menos cualificados; la educación abarca una actividad más complicada, que contempla el desarrollo de todas las capacidades del individuo, en donde se incluyen los valores y las actitudes, y se persigue preparar al individuo para la vida en sociedad. (Reyábal & Sanz , 1995)

Las instituciones educativas, creadas bajo la inspiración de las ideas de la Ilustración se han delimitado a transmitir los saberes fundamentalmente científicos o técnicos que requieren las personas para desempeñar las funciones que pide la sociedad. Para hacer posible su inserción en el mundo laboral. La transferencia de la cultura, los valores y las destrezas necesarias para desenvolverse apropiadamente en la vida cotidiana y dentro de la sociedad, en donde se hace de lado la intervención de la familia, la Iglesia y en general el entorno social.

Dentro del ámbito académico, la prioridad vigente hasta el momento de los contenidos científicos o técnicos ha poseído resultados bastante negativos tanto para el individuo como para la colectividad. Este tipo de enseñanza no prepara a los estudiantes para convertirse en ciudadanos de pleno derecho en un sistema democrático. (Reyábal & Sanz , 1995)

> Una de las opciones más innovadoras de la actual propuesta educativa radica en pronunciarse decididamente por una acción formativa integral, que contemple de manera equilibrada tanto los aspectos intelectuales como los morales y que potencie el desarrollo armónico de la personalidad de los alumnos y alumnas, sin olvidar el problemático contexto social en que ellos viven. (Reyábal & Sanz , 1995, pág. 4)

Dicha orientación humanizadora de la práctica educativa se concreta en los actuales diseños curriculares: en los contenidos actitudinales de cada una de las áreas curriculares, en materias optativas y a por medio de los ejes, enseñanzas o materias transversales. (Reyábal & Sanz , 1995)

Expresión artística

El arte es indispensable para el individuo; desde las sociedades más antiguas se ha hecho uso del arte como expresión. El arte apoya al individuo a diferenciarse de los otros seres vivos, siendo éste el único capaz de comprenderlo y apropiarlo; a través de él se manifiesta la cultura. También menciona que el arte es un medio de comunicación y expresión; sus recursos son la creación, imágenes de la realidad física y humana, y de sentimientos, emociones, esperanzas, sueños. (Ros, 2004)

> La actividad artística, múltiple e integradora, tiene distintas funciones en diversas culturas, épocas históricas y grupos sociales, pero quizás la más importante sea la de lograr comunión, producir armonía en la personalidad, dar placer, reflejar la vida y la realidad, reflejar conflictos internos o sociales, estructurar la moral y desarrollar la capacidad creadora, base de todo nuevo descubrimiento científico que ayuda a satisfacer y mejorar la subsistencia. (Ros, 2004, pág. 1)

A partir del renacimiento el arte se ha degradado para enaltecer otras disciplinas con mayor poder económico. Para la sociedad moderna el arte no ocupa un lugar importante, pero el arte como se mencionó anteriormente es una necesidad primaria y sirve como una oportunidad de liberar al individuo de la deshumanización en la que se sumerge la

sociedad actualmente. (Palacios, 2006)

Como proceso de aprendizaje, el arte interviene desde una edad temprana. El arte posibilita el aprendizaje de las estructuras y la percepción de todo lo que nos rodea; de la misma manera, el arte ayuda aprender a observar las particularidades, se afina la atención y se perfecciona la habilidad para diferenciar las cualidades específicas de los objetos y los fenómenos de la realidad.

> El hombre por medio del objeto de arte satisface sus necesidades estéticas de conocimiento, manifiesta su ideología, su subjetividad, su visión de la realidad. El objeto de arte le permite objetivar el vínculo existente entre su personalidad, la estructura cultural de la época y el medio social al que pertenece que de alguna manera lo condiciona, pero al que puede llegar a modificar. (Stokoe, P. 1990; Terigi, F. 1998. En Ros 2004, p. 2).

Es importante que las instituciones educativas integren el arte como método de aprendizaje, para ello se debe ver al individuo como un ser no solo cognitivo, sino emocional, imaginativo y con la capacidad de crear. “El arte es una herramienta de desarrollo interpersonal, de expresión de ideas y sentimientos, de promoción de cambios sociales y culturales. Como herramienta, facilita el autoconocimiento y la autovaloración, ya que crea percepciones más amplias y analíticas de la realidad”. (Castro Álvarez & Domínguez Lacayo, 2012, pág. 117)

V. Hipótesis o supuestos de investigación (si es el caso).

En el planteamiento teórico del proyecto de intervención se generaron las siguientes hipótesis a partir de la confrontación de las categorías de análisis con el qué de la realidad, es decir, con el planteamiento del problema y que de manera contraste se construyeron los supuestos hipotéticos relacionados con cada una de las categorías de análisis.

- Sensibilización socio afectiva: El desarrollo de la sensibilidad socio afectiva a través del arte en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres Plantel Sur, UAQ coadyuva a elevar el nivel de los valores de respeto, solidaridad, justicia y paz.

- Formación de valores: El arte a través de las actividades artísticas propicia la formación de valores en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ.
- Expresión artística: La expresión artística desarrolla la sensibilidad socio afectiva en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur UAQ, favoreciendo también la elevación de los niveles de valores de respeto, solidaridad, justicia y paz.
- Transversalidad: La transversalidad que exige la formación ética de los estudiantes de la escuela de Bachilleres, Plantel Sur UAQ se formula desde los fundamentos teóricos de la Ética y el Arte.

VI. **Objetivos.**

Para lograr los objetivos del presente proyecto de intervención centrado en la expresión artística para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva y la formación en valores, se requiere analizar las diferentes posturas que se tienen de la sensibilización socio afectiva de estudiantes de Bachillerato; la formación en valores; la expresión artística y la transversalidad. Y así probar la pertinencia del proyecto de intervención, por lo tanto los objetivos son los siguientes:

- Elevar el nivel de los valores de respeto, solidaridad, justicia y paz a través del desarrollo de la sensibilidad socio afectiva que propicia el arte en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres Plantel Sur, UAQ.
- Establecer principios, fundamentos y actividades artísticas que propicien la formación de valores en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ.
- Determinar actividades de expresión artística para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva de los Estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ, que permitan favorecer los niveles de valores de respeto, solidaridad, justicia y paz.
- Establecer las relaciones transversales entre los fundamentos teóricos de la Ética y el Arte, para beneficiar la formación ética de los estudiantes de la escuela de Bachilleres, Plantel Sur UAQ.

VI. **Material y Métodos (Metodología).**

La propuesta metodológica para el desarrollo para el proyecto de intervención que tiene como finalidad que las y los estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ desarrollen su sensibilización socio afectiva y la formación de valores mediante la expresión artística.

- Tipo de investigación: aplicada
- Enfoque: cualitativo
- Población o unidad de análisis: Estudiantes de Bachilleres de 5to semestre, Plantel Sur, UAQ.
- Técnicas y diseño de Instrumentos: Durante el proyecto de intervención se consideran los siguientes aspectos:

1. Diseño de sesiones de trabajo
2. Planeación
3. Preparación de materiales
4. Gestión
5. Asesorías
6. Ejecución

- Muestra y tipo de muestra
- Cronograma de actividades:

El siguiente cronograma menciona las actividades que se llevarán a cabo para y durante el proyecto de intervención La expresión artística para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva y la formación en valores en estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ en el año 2021 a partir del mes de agosto hasta diciembre, contando con un total de 240 hrs.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES **Karla Itzel Castro Campos**																				
ASPECTOS	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				TOTAL
PLANEACIÓN																					
PREPARACIÓN DE MATERIALES																					
GESTIÓN																					
ASESORIAS																					

EJECUCIÓN																			
REPORTES SEMANALES																			

- Índice tentativo

I. Introducción
1.1 Descripción del problema
1.2 Justificación
II. Metodología
III. Marco histórico. Antecedentes
IV. Marco teórico conceptual
V. Resultados
VI. Conclusiones

VII. **Resultados esperados.**

Los resultados esperados del proyecto de intervención La expresión artística para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva y la formación en valores son los siguientes:

- Elevación del nivel de los valores de respeto, solidaridad, justicia y paz a través del desarrollo de la sensibilidad socio afectiva propiciada por arte en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres Plantel Sur, UAQ.
- Fundamentación de los principios y actividades artísticas, para propiciar la formación de valores en los estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ.
- Determinación de actividades de expresión artística para el desarrollo de la sensibilidad socio afectiva de los Estudiantes de la Escuela de Bachilleres, Plantel Sur, UAQ, con la finalidad de favorecer los niveles de valores de respeto, solidaridad, justicia y paz.
- Establecimiento de las relaciones transversales entre los fundamentos teóricos de la Ética y el Arte, que beneficien la formación ética de los estudiantes de la escuela de Bachilleres, Plantel Sur UAQ.

VIII. **Bibliografía y/o Referencias.**

Referencias

Bartolomé, E. (2006). *Educación emocional en veinte lecciones .* Paidos.

Botero Chica , C. A. (2006). Los ejes transversales como instrumento pedagógico para la formación en valores. *Politécnica*, 1-11. Obtenido de https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/58/46

Castro Álvarez, S., & Domínguez Lacayo, M. d. (2012). La expresión artística: Otro desafío para la educación rural. *Educare*, 115-126. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1941/194124728008.pdf

Col, C. y. (2012). Teorías del desarrollo humano. *Portal Académico*, 27. Obtenido de https://portalacademico.cch.unam.mx/repositorio-de-sitios/experimentales/psicologia2/pscII/MD1/MD1-L/teorias_desarrollo.pdf

Dana, P. L. (2021). *https://www.timetoast.com/*. Obtenido de https://www.timetoast.com/: https://www.timetoast.com/timelines/historia-de-la-uaq-ae7c7925-5c8c-4795-9261-0b380e406daf

Daza Damián , G. (2013). EL BACHILLERATO: EN BUSCA DEL SANTO GRIAL. *Congreso Internacional de educación*. Obtenido de https://posgradoeducacionuatx.org/pdf2013/D059.pdf

Ekman, P. (2003). *Emotions revealed. Recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life. .* Nueva York .

Goleman, D. (1996). *La Inteligencia Emocional.* Barcelona: Kairos.

González , L., & Colás Cos, I. (2011). Características del desarrollo afectivo y socio moral de los niños de Edad Temprana. *EduSol, 11*(34), 90-98. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4757/475748673010.pdf

Obregón Alvarez , A., Rincón Frías , G., & Anaya Larios , J. (1987). HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO. En A. Obregón Alvarez, G. Rincón Frías, & J. R. Anaya Larios, *HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO* (pág. 370). Querétaro, Querétaro, México : Universidad Autónoma de Querétaro .

Palacios, L. (2006). El valor del arte en el proceso educativo. *Reencuentro*, 22. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34004607

Parra Ortiz, J. (2003). La Educación en Valores y su práctica en el aula. *Tendencias Pedagógicas*, 69-88. Obtenido de https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/4818/31559_2003_08_04.pdf

Reyábal , M., & Sanz , A. I. (1995). *LA TRANSVERSALIDAD Y LA EDUCACIÓN INTEGRAL.* Madrid: Escuela Española. Obtenido de https://www.uv.mx/dgdaie/files/2012/11/CPP-DC-Reyzabal-La-transversalidad-y-la-formacion-integral.pdf

Ros, N. (2004). El lenguaje artístico, la educación y la creación. *IBERO AMAERICANA*, 8. Obtenido de https://rieoei.org/RIE/article/view/2901/3826

Universidad Autónoma de Querétaro. (2019). *Bachilleres UAQ*. Recuperado el Enero de 2021, de Bachilleres UAQ: https://bachilleres.uaq.mx/index.php/conocenos/historia#:~:text=El%20antecedente%20hist%C3%B3rico%20se%20remonta,el%20Colegio%20Civil%20del%20Estado.&text=En%201932%2C%20el%20entonces%20gobernador,de%201936%20por%20el%20Gral.

Universidad Autónoma de Querétaro. (2019). *UAQ*. Recuperado el Enero de 2021, de UAQ: https://www.uaq.mx/index.php/conocenos/sobre-la/historia

Los micromachismos encarnados en la cotidianidad universitaria

Karla Paola Díaz Guerrero
Asesor: Guillermo Hernández González
Facultad de Psicología Universidad Autónoma de Querétaro
Contacto: karlapaola.dg@hotmail.com

Resumen

En el marco de las denuncias en contra de la violencia de género contra las mujeres a nivel global dentro de las universidades, el presente estudio muestra un panorama de los micromachismos en la cotidianidad de las y los estudiantes de la zona bajío de México, estos planteados por Bonino como expresiones de violencia por poco imperceptibles que se encuentran presentes en las relaciones interpersonales. A través de un estudio psicosocial conformado por un diagnóstico virtual y un dispositivo grupal de intervención que mezcla las técnicas del Biodrama y el teatro del Oprimido se contribuye a identificar las formas de expresión de dichas microviolencias, sensibilizar sobre sus efectos psicológicos y sociales y explorar posibles alternativas de convivencia a partir de la reflexión.

Palabras clave: micromachismos, violencia de género, vida cotidiana universitaria, Teatro del Oprimido

Abstract

Within the framework of the global denouncements in opposition to gender-based violence against women inside universities, the following work shows a comprehensive overview about the "micromachismos" inside the everyday life of the México students in the center zone of the country, these "micromachismos" understood by Luis Bonino as almost imperceptible violence expressions that can be found in interpersonal relationships. Through a psychosocial study compromising a virtual diagnosis and an intervention mechanism which combines techniques from Biodrama and Theatre of the Oppressed it contributes to the identification of micro-violence's forms of expression, to raise awareness of its social and psychological effects and explore possible alternative ways of interaction based on reflexion.

Key words: "micromachismos", gender-based violence, university's everyday life, Theatre of the Oppressed

Introducción

El concepto de género, entendido como una categoría –aquello que divide y clasifica–, ordena la estructura social en tanto que marca una diferencia entre lo que denominamos hombres y lo que denominamos mujeres; sin embargo, dicho orden resulta controversial quizá luego de que Simone de Beauvoir planteara que no se nace mujer, sino que se llega a serlo (1962), lo que llevó a múltiples autoras a través del tiempo a discutir el género, su origen clasificador y sus avasalladores efectos psicosociales.

De acuerdo con Marta Lamas (1995) el género es definido mediante la acción simbólica colectiva y sus procesos de constitución, es decir, es a través del orden simbólico que en una sociedad se 'fabrican' las ideas de lo que *deben ser* las mujeres y los hombres, una lógica que deviene en valores e ideas construidas a partir de una oposición binaria tipificadora y excluyente. Pero la diferencia de los géneros, cuya naturaleza es de constructo social, se justificó en las diferencias biológicas (anatomofisiológicas) de los sexos por mucho tiempo, de modo que se convirtió en una verdad legitimada dada su biologización. No obstante, hoy diversos estudios han demostrado que la sexualidad es un fenómeno mucho más complejo atravesado por factores socioculturales y que incluso el sexo biológico no depende de un único órgano. Sin embargo, las concepciones anteriormente mencionadas fungieron como

sustento para la formación de una supuesta superioridad práctica y teórica de lo considerado masculino sobre lo considerado femenino en el ámbito material, político, cultural, ideal y simbólico a través del tiempo.

Esta jerarquía desigual de poderes es lo que comprendemos como «machismo», sustentada a través de los cuerpos y que permea la cultura. Constituye así, en un primer momento, una violencia simbólica, la cual es definida por Bordieu como aquella que se ejerce sobre un agente social con su complicidad o consentimiento (Rivera-López, 2021) ya que impone significados; en el caso del machismo, su eficacia radica en que tanto hombres como mujeres comparten las mismas creencias impuestas. Es de esta manera que las categorías de clasificación aún nutridas del imaginario conllevan importantes implicaciones sociales (Lamas, 1995).

Lamas (1995), además sostiene que una vez simbolizada, la diferencia sexual es asumida por el sujeto y produce significaciones con un poder político contundente en forma de concepciones sociales y culturales. Por ello, la perspectiva psicosocial permite cuestionar las significaciones naturalizadas en tanto que permite prestar atención al tejido dialéctico formado por las estructuras sociales y las subjetividades que en ella se encuentran de modo que se pueda considerar a las mujeres y a los hombres como el resultado de una producción propia de una realidad sociohistórica.

El machismo entonces, definido por la autora Marina Castañeda (2020) como el "conjunto e creencias actitudes y conductas que descansa sobre ideas básicas: por un lado, la polarización de los sexos, es decir, una contraposición de lo masculino y lo femenino según la cual no son sólo diferentes sino mutuamente excluyentes; por otro, la superioridad de lo masculino en las áreas consideradas importantes por los hombres" (pág. 16) resulta el sustento ideológico para distintas formas de violencia –derivadas de la simbólica–, de la cual una gran parte es en contra de la mujer. Información respaldada por los datos estadísticos que, al menos a nivel nacional, presentan cifras altas durante los últimos tres años, ya que según el el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México al día son asesinadas 10 mujeres (García, 2021). Durante los primeros cinco meses del año 2021, los feminicidios aumentaron un 7,1%, y delitos clasificados como 'otros' un 30% en relación al año anterior; todo esto aún sin mencionar que en México aproximadamente un 90% de los delitos no son denunciados (Guillén, 2021).

Desafortunadamente, las agresiones físicas –de las cuales se lleva registro– no constituyen más que un pequeño porcentaje de las maneras en que la violencia puede presentarse dentro de la estructura social y nuestras relaciones. Galtung (2004) afirma que la violencia visible, como todo comportamiento humano, tiene sus raíces en la cultura y la sociedad, como se ha revisado.

Resulta, por lo tanto, esencial mencionar la importancia de la educación y sus formas, pues a través de ella que existe la transmisión de valores, la construcción de los mismos y los espacios donde se lleva a cabo también son de socialización. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) el porcentaje de mujeres violentadas en el ámbito escolar tan sólo en el estado de Querétaro en el 2011 conformaba un 3.4%, representando un 3% en el contexto nacional. De 21,480 mujeres, (consideradas a partir de los 15 años) que fueron violentadas dentro de sus estancia en la escuela el 80.6% fueron objetos de humillaciones, fueron denigradas o ignoradas y 36.4% sufrieron agresiones físicas o sexuales, o bien, les fue propuesta alguna especie de recompensa a cambio de acceder a tener relaciones sexuales (2013).

Para comprender mejor estos tipos de violencia y sus alcances, la metáfora de un iceberg recuperada por Casado (2018) es útil: en la punta, aquello que se ve, está la gama de fenómenos visibles como los son los asesinatos (feminicidios), agresiones

físicas, violaciones, abusos sexuales, gritos, insultos y amenazas; bajo el agua pero aún cerca de la superficie, los actos y conductas como desvalorización, humillación, ignorar, despreciar, culpabilizar y aplicar chantaje emocional están presentes; pero, hasta el fondo se encuentran aquellas acciones que ya no son fácilmente percibidas como violencia como el humor, la publicidad, el lenguaje sexista, control, invisibilización, anulación, entre otras.



Figura 1. El iceberg de la violencia de género. (Amnistía Internacional, 2020)

En consecuencia, se recupera la categorías de micromachismos propuesta por Luis Bonino (1996) definidos como las acciones del orden de lo capilar –casi imperceptibles– con las que se pretende mantener el dominio de lo masculino y atenta contra la autonomía femenina, es decir, une la noción de machismo –que mantiene la dominación masculina– pero agrega el prefijo micro al referirse a la característica sutil que tienen estas conductas y/o acciones. Y propone además, la existencia de cuatro tipos de micromachismos:

- Utilitarios: De índole utilitaria, generalmente presentes en momentos de delegación de responsabilidad por parte de los varones en situaciones donde la responsabilidad es compartida. Probablemente, lo más naturalizados, ya que derivan de la división entre lo público y lo doméstico.
- Coercitivos: Intentan doblegar a la mujer, limitar su libertad y expoliar su pensamiento. Generan un acrecentado sentimiento de derrota. Entre estos se encuentran: la intimidación, el control del dinero, uso abusivo del espacio tiempo para sí, insistencia abusiva, imposición de intimidad, apelación de la superioridad de la lógica de varón, toma o abandonos repentinos del mando de la situación.
- Encubiertos: Atentan de modo eficaz contra la autonomía y la simetría relacional. Buscan hacer a la mujer dependiente de la aprobación masculina, a pesar de no generar una reacción inmediata, sus efectos son coaccionantes. Entre ellos están: abuso de la capacidad de cuidado (roles a cumplir a lo largo de la historia como ser madre, cuidar, educar, etc.), creación de falta de intimidad (silencio, aislamiento, poner límites, avaricia de reconocimiento y disponibilidad, inclusión invasiva de terceros), pseudointimidad (comunicación defensiva-ofensiva, engaños y mentiras), desautorización (descalificaciones, negación de lo positivo, colusión con terceros, terrorismo misógino, autoalabanzas y autoadjudicaciones), paternalismo, manipulación emocional (culpabilización-inocentización, dobles mensajes afectivos, enfurruñamiento), autoindulgencia y autojustificación (hacerse el tonto, impericias y olvidos selectivos, comparaciones ventajosas, pseudoimplicación doméstica, minusvaloración de los propios errores).
- De crisis: Utilizados en momento de desequilibrio de poder en las relaciones. Ahí encontramos el hipercontrol, el pseudoapoyo, resistencia pasiva y distanciamiento, rehuir a la crítica y la negociación, hacer promesas y méritos, victimismo, darse tiempo para cambiar, dar lástima.

Aunque dicho autor los describe y clasifica en un contexto de parejas heteronormadas en matrimonio, al considerar que el machismo permea la cultura y sus expresiones a diferentes niveles, es posible pensarlos en cada intercambio social de la vida cotidiana; sobre todo dentro de un contexto en el cual en discurso se ha superado el machismo, pero las acciones demuestran lo contrario, lo cual Castañeda (2020) denomina como "machismo invisible". Inscritos en cada rincón de la vida cotidiana los micromachismos se adecúan a las situaciones y a las exigencias de cada contexto, por esta razón pensarlos dentro del ámbito académico universitario entre estudiantes es no sólo conveniente, sino necesario. ¿Cuáles son entonces las acciones micromachistas y cómo podemos identificarlas?

La vida cotidiana, según Agnes Heller –quien fuera exponenete de la teoría crítica a la vida cotidiana– se conforma por las actividades que realizan los individuos que la constituyen (1970), es así como se constituye una reproducción y un sentido a la existencia de una sociedad a través de pensamientos, motivaciones, afectos y acciones (Uribe Fernández, 2014). De modo que, los micromachismos se encuentran en nuestra manera de pensar y el lenguaje con el que nos expresamos, cómo vivimos nuestras emociones, en nuestras subjetividades, nuestras decisiones y las acciones con las que tomamos un determinado lugar en la sociedad: los encarnamos; además, se hacen presentes en forma de violencia cuando cumplir los mandatos y normas hegemónicas se vuelve un tarea imposible.

Esta violencia se convierte en un cúmulo de acciones que tiene como fin perpetuar el orden establecido, las cuales al determinar lo 'normal' son socialmente permitidas y aceptadas. Dentro del contexto universitario, estas prácticas pueden adscribirse a los cuerpos y su capacidad de acción dentro de un espacio académico, expectativas de vida y de comportamiento entre iguales e incluso, al lenguaje común y cotidiano. A pesar de que en México unicamente el 17% de la población entre los 25 y 64 años cuenta con estudios universitarios, es en estos espacios donde se han denunciado diferentes formas de violencia de género en los últimos años (Cortazar Rodríguez, 2019, pág. 179); cabe además mencionar que, pese al acceso igualitario de oportunidades, la autoimagen relacionada a la visión de un futuro de vida sigue afectada por la convivencia y la jerarquía una vez dentro de la academia.

No obstante, existen maneras de hacer frente a estas acciones violentas cotidianas, Heller (1970) sostiene que la vida cotidiana al caracterizarse por la reproducción de individuos que son el conjunto de actividades que ellos mismos realizan, puede ser cuestionada, criticada y posteriormente modificada. Para ello, propone al arte como principal herramienta, ya que esta puede apelar directamente a los afectos; este planteamiento resulta significativo debido a que tras haber afirmado que el machismo es un valor de intercambio presente en las significaciones que constituyen la subjetividad de las y los individuos que conforman la sociedad actual, interrogarlo resulta primordial: de no hacerlo, las formas de convivencia cotidianas, seguirán haciendo sentido.

Entre las múltiples expresiones artísticas –profesionalizadas y como técnicas de apoyo– destaca el Teatro del Oprimido de Augusto Boal, cuyo proceso pretende la recreación y exploración de un determinado conflicto a través de una representación del mismo, de modo que construya un marco lúdico en el cual se pueden proponer alternativas de acción; en otras palabras, busca que a través de la reflexión y la exploración corpóreo-artística exista una transformación de las prácticas cotidianas que propicie una emancipación.

Se plantea entonces la posibilidad de llevar a cabo un diagnóstico psicosocial acompañado de una intervención de la misma naturaleza a modo de taller, cuyos objetivos fueran identificar las formas y frecuencia de expresión de los micromachismos en jóvenes universitarias y universitarios, sensibilizar sobre sus efectos psicológicos y sociales así como la violencia que representan, propiciar una reflexión sobre los micromachismos

ejercidos en la vida cotidiana universitaria con estudiantes a través de la implementación desde Teatro del Oprimido y el Biodrama y, finalmente, explorar posibles alternativas de convivencia a través de la reflexión.

Metodología

La investigación cualitativa, desde la perspectiva de Fernando González Rey, está orientada hacia la construcción de modelos comprensivos y es por esta razón que las Ciencias Sociales se han afiliado a ella. Esta forma de investigación parte de una epistemología que busca un conocimiento de carácter constructivo-interpretativo, es decir, que parte del supuesto de que "la realidad es algo a interpretar" (2006, pág. 22) y el conocimiento por lo tanto es siempre una producción humana.

A partir del planteamiento del machismo como noción que atraviesa la convivencia cotidiana, incluso en el ámbito universitario, surge la principal pregunta: ¿de qué manera operan los micromachismos universitarios? Para la cual se llevó a cabo un diagnóstico virtual que retomó como herramienta principal una escala de intensidad que permitiera identificar qué micromachismos podían ser detectados y con qué frecuencia.

La escala se configuró con 25 reactivos construidos a partir de los cuatro tipos de micromachismos propuestos por Bonino, que sirvieron como categorías de análisis, para ellos se consideraron actitudes, formas de ocupación de espacio, actividades designadas según el género y también conductas esperadas (o socialmente aceptadas).

- mM universitarios utilitarios: refieren a aquella delegación de responsabilidad de actividades respondiendo a una norma de género y apelación de lo doméstico considerado como femenino (jefaturas, organización de convivencias encargada de tareas extra).
- mM universitarios encubiertos: Comportamientos con los que se sostiene cierto control que "acomoda" a las demás, es decir, que fuerzan su disponibilidad para mantener cierta dirección de las situaciones (distanciamiento a conveniencia, pseudonegociación, inocentización).
- mM universitarios coercitivos: Los más evidentes, ya que implican uso de fuerza (distribución desigual de tiempo y espacio, apelación al uso de argumentos "superiores", humillación, desvalorización, *mansplaining*).
- mM universitarios de crisis: Aquellos que surgen en situaciones de reclamos o cuando la situación comienza a nivelar poderes (ignorar, reaccionar hasta la aparición de un *ultimátum*, "aguantar").

La encuesta fue difundida vía redes sociales virtuales entre estudiantes de universidades tanto públicas como privadas pertenecientes a los estados de Querétaro, Guanajuato, Puebla y Ciudad de México. En el tiempo de una semana y media, las y los participantes totales fueron 86 estudiantes, de los cuales 73 se identificaron como mujeres, 12 como hombres y 1 no binario.

Posteriormente, un dispositivo grupal a modo taller fue planeado bajo la lógica del Teatro del Oprimido y el Biodrama. El primero, fundado por Augusto Boal remite a algunos planteamientos: para el autor, la memoria y la imaginación provienen de un mismo lugar por lo que una situación creada con base en las mismas no sólo se reproduce, sino que se convierte en un espacio de experimentación y modificación de conductas que produce una emancipación a nivel intelectual y corpóreo (2002). Para conseguir dichos objetivos, es necesario considerar cuatro importantes etapas:

- Primera: Conocer el cuerpo, sus competencias y limitaciones a través de una serie de ejercicios.
- Segunda: Tornar el cuerpo expresivo, para experimentar y abandonar las formas cotidianas.

- Tercera: Comprender el teatro como un lenguaje vivo y no sólo como representante del pasado.
- Cuarta: Reconocer el teatro como discurso útil para presentar necesidades, discutir temas o ensayar acciones.

La segunda técnica, el Biodrama de la creadora Vivi Tellas, caracterizada por trabajar con experiencias personales abonó en tanto que considera que los hechos singulares construyen la historia: trabaja a nivel microsocial y recupera lo crudo y cotidiano de las experiencias para que los pasados individuales se vuelvan colectivos y con ello idealmente permeen el nivel macrosocial, así, quien lo lleva a cabo comparte una parte de su intimidad a quien le ve o acompaña y comienza, de modo que comienza a formar parte de una historia social (Urraco Crespo, 2016).

Ambos métodos proporcionan una forma de entender el arte teatral que permite integrarla a lo impredecible cotidiano; en otras palabras, incluir la vida diaria en la escena y proporcionar un espacio de exploración y reflexión de esta. Su combinación resultó en la construcción de un taller conformado por cuatro sesiones, de las cuales cada una contaba a su vez con cuatro momentos clave para retomar el cuerpo como herramienta de expresión dentro del teatro entendido como un arte vivo propio del tiempo presente y también como productor de discurso e incentivo de reflexión. Los momentos fueron los siguientes:

- Momento uno: Conocimiento del cuerpo. A través de ejercicios de exploración reconocer sus limitaciones y competencias para tornarlo expresivo.
- Momento dos: Unión de la exploración corporal al tema de reflexión. Introducir el tema a tratar con ayuda de los ejercicios de exploración corporal para reconocer el teatro como lenguaje.
- Momento tres: Reflexión central. Dialogar con base en la propia historia y las propias experiencias corporales.
- Momento cuatro: Exploración escénica. El teatro como discurso en las experiencias cotidianas y personales vividas para llegar a modificarlas.

Además, cada sesión contó con un objetivo a cumplir que dependió directamente del desarrollo de las sesiones que la precedían, de modo que quedaron registrados de la siguiente manera:

- Sesión 1: Introducir a un uso expresivo del cuerpo y a reconocer las expectativas que recaen en una persona según el género al que pertenece.
- Sesión 2: Propiciar una reflexión sobre la propia posición y las acciones que reproducimos cotidianamente en el contexto universitario relacionadas a nuestro género.
- Sesión 3: Identificar en la expresión corporal de las y los otros alternativas de acción para una convivencia distinta.
- Sesión 4: Experimentar la emancipación interna y externamente a partir de la representación de situaciones propias y su modificación jugando un mismo papel.

El dispositivo fue implementado durante el mes de marzo del año 2021 y su modalidad virtual implicó la adaptación de actividades que consideraran el desfase espacio-temporal en la comunicación, la exploración corporal fuera de cámara o adscrito únicamente a la parte superior corporal (parte captada por la cámara) y sin riesgo de lesión, así como la inclusión mayor de lenguaje hablado a ejercicios de acción.

La convocatoria y los acuerdos fueron difundidos de manera virtual a través de redes sociales virtuales (Facebook y WhatsApp), sin embargo, fue explicitada la necesidad de obtener un consentimiento informado, así como la confidencialidad de la información recabada.

Finalmente, para el registro de información se prepararon cartas descriptivas de cada sesión que incluyeron población y objetivos, una bitácora de notas útiles para el proceso de investigación y recolección de información durante las sesiones y,

de la misma manera, la grabación de las sesiones a través de la plataforma de videollamadas mediante la cual fueron llevadas a cabo, de modo que se facilitara la transcripción de información y la visión objetiva de los hechos.

Resultados

Los principales hallazgos fueron divididos en dos etapas: los del diagnóstico aplicado y los obtenidos una vez aplicado el dispositivo de intervención. Sobre todo, porque la información mostrada en el diagnóstico fue base para construcción del taller; y en segundo lugar, porque durante la aplicación del dispositivo las categorías de análisis se ampliaron.

Entre los resultados arrojados por el diagnóstico se destacan algunas cuestiones. Cabe mencionar que fue notoria la participación desigual por género, pues sólo 12 de las 86 personas participantes se identificaron como hombres y 1 como no binario; sin embargo, esta información permitió una primer interpretación de las diversas formas de participación en actividades que no se constituyen como obligatorias o de interés: la de las mujeres es cuantificablemente mayor y en su mayoría pertenecían a programas de estudios de licenciaturas relacionadas a las ciencias sociales, artes y humanidades. Por otro lado, la encuesta se formó de 11 reactivos alusivos a los mM utilitarios, 5 alusivos a los mM encubiertos, 7 alusivos a los mM coercitivos y 2 enunciados comparativos alusivos a los mM de crisis. Cada reactivo constaba de 10 puntos a evaluar según la frecuencia en se podía identificar la situación, el mayor puntaje a obtener era de 250 y el menor de 25. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Una alta frecuencia en el ejercicio de micromachismos dentro del ambiente cotidiano universitario (Figura 1) demostrable en la delegación de responsabilidades hacia las mujeres detrás de sutiles forzamientos o "inocentizaciones" (Figura 2), pero también de conflicto directo, aunque con mayor dificultad para su identificación, puesto que el factor género parece desdibujarse en la presencia del mismo. Dicha información sostiene las formas de naturalización y encarnación de microviolencias y desiguales expectativas del ejercicio de actividades a pesar del acceso igualitario. Por lo tanto, se sustentó la importancia de la intervención psicosocial en espacios académicos respecto a las conductas violentas socialmente aceptadas.

Promedio	159.5581395
Mediana (media)	165.5
Mínimo	71
Máximo	211
Desviación estándar	31.66947116

Figura 1. Medidas de tendencia central y dispersión

No. De pregunta	Tipo de micromachismo	Promedio
1	Utilitario	7.69
2	Utilitario	7.65
3	Utilitario	8.24
4	Utilitario	4.91
5	Utilitario	6.4
6	Utilitario	7.39
7	Utilitario	8.05
8	Utilitario	6.8
9	Utilitario	7.58
10	Utilitario	8.29
11	Utilitario	8.47
12	Encubierto	7.32
13	Encubierto	4.72
14	Encubierto	5.54
15	Encubierto	4.61
16	Encubierto	8.31
17	Coercitivo	5.44
18	Coercitivo	5.83
19	Coercitivo	6.45
20	Coercitivo	4.44
21	Coercitivo	4.13
22	Coercitivo	5.54
23	Coercitivo	5.26
24	De crisis	5.29
25	De crisis	5.09

Figura 3. Tipos de micromachismos y promedio de frecuencia

El dispositivo de intervención, por su parte, trajo consigo nuevos hallazgos y categorías de análisis

relacionadas estrechamente a los objetivos con los cuales se construyó, a través no sólo de los ejercicios teatrales que representaban la vida cotidiana sino también de los propios cuestionamientos y reflexiones de las y los participantes.

Un dato importante que mencionar, ya que deviene en sesgo, es que todas y todos los participantes pertenecían a una licenciatura afín a las ciencias sociales o de administración con corte social: psicología clínica, psicología social, psicología educativa, periodismo y comunicación, y negocios turísticos; licenciaturas en las que existe una predominancia de mujeres en la matrícula, como señalaron. Dada la participación voluntaria, este dato nos demuestra que son las personas que cursan carreras con un previo interés en este tipo de temáticas las que otorgan importancia, así como el tiempo y disposición, a cuestionar y trabajar violencias y discriminación cotidiana. Además, todas y todos los participantes estudian en las capitales de sus ciudades por lo que, en primera instancia, se asumen experiencias semejantes. Por último, de 7 participantes, 4 son mujeres y 3 son hombres.

Por otro lado, para el análisis se consideraron los mensajes expresados explícitamente y los metamensajes que se confirmaban con las reflexiones posteriores:

En cuanto a la categoría de género surgió una primera problemática, pues al estar entretejida con la categoría de estudiante, las exigencias parecían ser igualitarias en tanto que se apelaba a una responsabilidad y a expectativas específicas de acuerdo a la carrera cursada; sin embargo, al realizar un profundo análisis de las vivencias y prácticas cotidianas realizadas se encontró que tanto hombres como mujeres las llevaban a cabo, más la diferencia era reconocida en la convivencia, es decir, en las reacciones de las personas alrededor o bien, en las consecuencias que las acciones tenían. Afirmaciones observables en comentarios recuperados:

- *"No es lo mismo ser 'la castrosa' del salón que ser 'el castroso' del salón"*
- *"Cuando hay conflictos las mujeres en mi cabeza no descansamos hasta solucionar y mis compañeros simplemente se van"*
- *"En los ejercicios fue evidente cómo no se toma la misma actitud aunque las acciones sean las mismas"*
-

Los micromachismos como concepto y categoría central de la intervención fueron analizados a través de la explicación teórica y de los distintos ejercicios teatrales planteados durante el taller, para que con ello con ello fuera posible el cumplimiento del principal objetivo –que consistía en identificar las formas en que estos se manifiestan dentro del contexto cotidiano universitario–, lo cual fue posible una vez trabajado el concepto de género y sus afectaciones en las y los estudiantes universitarias a través de diferentes dinámicas:

- Un juego de identificación de afirmaciones micromachistas propició un acercamiento a la identificación de conductas normalizadas que resultaron micromachismos, sobretodo utilitarios.
- La creación de personajes ejercientes de micromachismos permitió poner en tensión varios aspectos a partir de sus expresiones que implican un metamensaje machista instalado en las subjetividades y la reflexión de la posición propia: la manera en que son encarnados.
- El planteamiento y puesta en escena de situaciones cotidianas permitió además de la identificación de conductas y acciones micromachistas (de las 4 clasificaciones), la sensibilización al respecto de la violencia que representan y las diferencias en las experiencias emocionales de vida en mujeres y hombres a pesar de ser, muchas veces, situaciones compartidas.
- La aplicación de Teatro del Oprimido y Biodrama fungió como espacio de experimentación y aplicación de alternativas de convivencia posibles de

trasladar a las prácticas cotidianas, así como un espacio de construcción y liberación de subjetividades ante experiencias recordadas.

Afirmaciones identificables en comentarios de las y los participantes que dijeron:

• no haber pensado antes en maneras más saludables de actuar dentro de las situaciones propias, sobretodo porque no habían pensado en que pudiera haber un error en sus prácticas;
• que el trasladar a escena la situación permitió liberar tensiones con el juego, pero al mismo tiempo conectar con cuestionamientos;
• haberse animado a reflexionar y alzar más la voz en situaciones donde no siempre se atreven y a considerar los sentimientos sin dejar que nos dominen o nos cieguen ante lo que hacemos y afecta a otras personas;
• y haber reconocido también, la diferenciación entre experiencias de hombres y mujeres incluso al representar las situaciones, pues para los ellos era sencillo reconocer errores y reírse, pero para las mujeres implicaba sensaciones como de "fallarse a sí misma" o "sentirse tonta".

Por último, se recuperaron al final del taller los siguientes saberes que demuestran que el 100% de participantes pudieron acercarse a una reflexión:

- *"Repensar es construir"*
- *"Una deconstrucción amena y tranquila"*
- *"Esto me hace pensar que tal vez no son "micromachismos invisibles" sino ignorados y que se han hecho costumbre"*
- *"Por mi experiencia, me quedo con la palabra valentía"*

Discusión y conclusiones

Con el recorrido que esta investervención permitió hacer, se rescatan ciertos puntos clave. Los micromachismos son conductas sin duda normalizadas en el cotidiano universitario, puesto que son ejercidas en gran medida; sin embargo, una vez identificadas es posible notar un interés en no querer reproducirlas más. Por supuesto, el hecho de que la vida cotidiana se encuentre inscrita en una estructura social ya determinada presenta un obstáculo, pero no quiere decir que las acciones a nivel microsocial y sus modificaciones carezcan de importancia, por el contrario, construyen subjetividades que pueden acercar a una transformación social.

La distinción de género que deriva en machismo y sus microformas de expresión debidas a los mandatos, a pesar de existir para estudiantes hombres y mujeres, no existen por igual. Si bien todos y todas perdemos formas de ser dentro de la estructura, es importante rescatar el reconocimiento de patrones sociales presentes en las relaciones interpersonales para que no puedan continuar su reproducción y de esta manera se contribuya también a la desnormalización de conductas violentas por muy sutiles que puedan mostrarse.

El cuestionamiento de las formas actuales de convivencia sin duda puede devenir en el planteamiento de alternativas, terreno fértil para la intervención desde la perspectiva psicosocial. La universidad como espacio plural de conocimientos, pero también como instancia formadora de individuos, es por consecuencia no solamente propicia para estudiarlos, sino un lugar en el cual la problemática no puede ni debe ser ignorada y, al mismo tiempo, un a instancia útil para detener la fomentación y propagación de este tipo de conductas.

A pesar de las limitantes, es importante recordar que los valores formadores de la sociedad que atraviesan nuestra convivencia se cultivan y se mantienen en tanto que son reproducidos, por lo que la constancia es necesaria. Si bien existe en las universidades –como en la sociedad– una necesidad de transformación de los factores sociales que han permitido el sostenimiento del

machismo y la violencia de género en contra de las mujeres vale reconocer, o más bien, es imposible de ignorar que las microacciones en contra que han tomado lugar en la actualidad pueden llegar a tener un impacto mayor con el paso del tiempo y de la reproducción de nuevas subjetividades que sumen alternativas a las formas de convivencia.

Referencias bibliográficas

Amnistía Internacional. (2020). Iceberg de la violencia de género. Obtenido de https://mujeresantioquia.gov.co/sites/default/files/iceberg_de_la_violencia_de_genero.pdf

Boal, A. (2002). Juegos para actores y no actores. España: Alba Editoria S.I.U.

Bonino Méndez, L. (1996). Micromachismos: La violencia invisible en la pareja. Madrid, España.

de Beauvoir, S. (1962). El segundo sexo. Buenos Aires: Siglo veinte.

Casado Pérez, P. (2018). Un estudio sobre el machismo invisible. Trabajo de fin de grado, Universidad del País Vasco.

Castañeda, M. (2020). EL machismo invisible. México: Debolsillo.

Cortazar Rodríguez, F. J. (2019). Acoso y hostigamiento de género en la Universidad de Guadalajara. Habla el estudiantado. La ventana. Revista de estudios de género., 175-204.

Galtung, J. (2004). Violencia, guerra y su impacto. Foro para filosofía intercultural 5.

García, A. K. (13 de Febrero de 2021). Sólo en los primeros seis meses del 2020 fueron asesinadas 1,844 mujeres en México: Inegi. El Economista, págs. https://www.eleconomista.com.mx/politica/Solo-en-los-primeros-seis-meses-del-2020-fueron-asesinadas-1844-mujeres-en-Mexico-Inegi-20210213-0002.html.

González Rey, F. (2006). Investigación Cualitativa y Subjetividad. Guatemala: Oficina de Derechos Humanos del Arzobispado de Guatemala.

Guillén, B. (28 de Junio de 2021). Los feminicidios en México aumentan un 7,1% en los cinco primeros meses de 2021. El país, Recuperado de: https://elpais.com/mexico/2021-06-28/los-feminicidios-en-mexico-aumentan-un-71-en-los-cinco-primeros-meses-de-2021.html.

Heller, Á. (1970). Sociología de la vida cotidiana. Budapest: Ediciones península.

Insituto Nacional de Estadística y Geografía. (2013). Panorama de violencia contra las mujeres en Querétaro. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825051044.pdf

Lamas, M. (1995). Usos, dificultades y posibilidades de la categoría de género. La ventana, 9-61.

Rivera-López, M. (2021). Mujeres en Semilibertad y Convivencia: Construcción de Redes y Transfromación de Conflictos desde la Educación para la Paz. En *Tesis docotral* (págs. 139-152). Universidad de Granada.

Uribe Fernández, M. L. (enero-junio de 2014). La vida cotidiana como espacio de construcción social. Procesos Históricos(25), 100-113.

Urraco Crespo, J. M. (Enero-Julio de 2016). Apuntes sobre las drmaaturgias de lo real en Argentina. Investigación teatral, 6(9), 115-130.

MODA SIN GÉNERO: Un discurso en construcción

Andrea Itzel Elizondo Sánchez y Oliva Solís Hernández
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Autónoma de Querétaro (México)
aelizondo27@alumnos.uaq.mx ;
osolish2@hotmail.com

Resumen

La Comunicación Social, entendida como la disciplina que estudia las relaciones entre los cambios sociales y los cambios comunicativos; abre la posibilidad de, junto con la Historia, dar cuenta del cambio social y cómo la comunicación ha dado cuenta de él. Dentro de los cambios más visibles de las últimas décadas, están aquellos relacionados con el género que, como categoría analítica, permite ver la forma en que, socialmente, se han ido construyendo las ideas, roles y estereotipos de lo que corresponde a varones, mujeres y, más recientemente, a otras adscripciones de género. El cambio social es el resultado de un proceso dialéctico en el que interaccionan organismos internacionales, gobiernos nacionales, empresas e individuos. Cada uno de ellos responde a intereses particulares, pero se articulan en torno a una idea que direcciona la acción, en este caso, el discurso feminista en torno a la igualdad, la no discriminación (inclusión), el respeto a los derechos humanos y naturales, el respeto a la diversidad y a la identidad.

En esta línea, asumimos que los medios de comunicación, especialmente los impresos, así como las redes sociodigitales, son medios a través de los cuales se reproducen, legitiman o cuestionan y transforman esas ideas, las cuales se objetivan en roles y estereotipos de género y que estudiarlos como parte del cambio social, vinculando la Comunicación con la Historia, nos permite dar cuenta de cómo se articulan los procesos macro con los micro sociales, y de cómo se apropian o se asumen por los diversos actores.

Summary

Social communications, understood as the discipline that studies the relation between social and communicative changes; opens the opportunity of, alongside History, give proof of social changes and how Communication has been documenting it. The most remarkable changes from the last decades, are the ones related with gender, that as an analytic category, has visibilized the way in which, socially, it has been creating ideologies, roles and stereotypes for men, women and, more recently, to other gender identities. Social change is the result of a dialectic process where international organisms, national governments, enterprises and individuals interact with each other. Each one of them responds to particular interests, but surrounding a singular idea who leads to action, in this case, the feminist speech about equality, non-discrimination (inclusion), respect to diversity and identity.

Following this idea, we assume that mass media, specially printed and social media, are platforms that reproduce, legitimize or question and transforms those ideas, which are objectified in roles and gender stereotypes and study them as part of social evolution, interrelating Communication with History, gives us the vision of how the macro and micro social process articulate, and how they adapt or are assumed from different actors.

Palabras clave: Comunicación social, Cambio social, Roles y estereotipos, Género, Moda.

Key Words: Social communications, Social changes, Roles and stereotypes, Gender, Fashion.

Introducción

El vestido, además de cubrir el cuerpo para protegerlo del clima, cumple una serie de funciones sociales que permiten, a través de él, dar cuenta de quien lo porta. Condición social, género, profesión, es posible conocerla a través de él: colores, tipos de telas, adornos, largura, son sólo algunos de los

elementos a través de los cuales, socialmente, hemos aprendido a distinguir al monje del magistrado, al rey de los plebeyos o a la prostituta de la mujer decente.

Vestir supone un acto a través del cual se elige cómo quiere una persona ser percibida por los otros. Hay en ello una intencionalidad que expresa una pertenencia, una identidad y una posición frente a las convenciones sociales, de forma que por la manera en que se viste se puede juzgar o etiquetar a una persona.

Fundado en estos supuestos, mercaderes, industriales, diseñadores y consumidores, han construido una industria que, en los últimos años ha crecido exponencialmente, en tanto que la moda cambia cada vez con mayor rapidez. Las innovaciones en materiales, diseños, usos, hacen que el mercado esté en constante transformación: colecciones primavera-verano y otoño-invierno se presentan de forma adelantada para imponer un estilo que está siempre a la vanguardia, respondiendo, supuestamente, al cambio social y a lo que el consumidor demanda.

La moda cambia con la sociedad y obedece no sólo al cambio de los gustos, sino también a las tendencias discursivas que dominan el mundo de lo políticamente correcto: la moda *ecofriendly*, la moda sustentable, las empresas socialmente responsables y ahora, más recientemente, la moda sin género (*genderless fashion*) o también conocida como moda de género fluido (*gender-fluid fashion*).

Los antecedentes de la moda sin género pueden remontarse a los años 80, cuando comenzaron a aparecer algunas prendas unisex o estéticas unisex que intentaban romper con la idea de que la ropa y los accesorios eran exclusivamente para varones o para mujeres; o que las peluquerías eran para varones y los salones de belleza para las mujeres. La propuesta, sin embargo, en el mundo de la moda fue pasajera, pero ahora, es una tendencia que está presente no sólo en las pasarelas, sino también en los medios de comunicación. En esta línea, asumimos que los medios de comunicación, especialmente los impresos, así como las redes sociodigitales, son espacios a través de los cuales se reproducen, legitiman o cuestionan y transforman esas ideas, las cuales se objetivan en roles y estereotipos de género (como el vestir) y que estudiarlos como parte del cambio social, vinculando la Comunicación con la Historia, nos permite dar cuenta de cómo se articulan los procesos macro con los micro sociales, por un lado y, por el otro, como se apropian o se asumen por los diversos actores, ya sea proponiendo un producto o consumiéndolo.

Objetivo

En este trabajo, pretendemos mostrar cómo la comunicación, a través de la publicidad, contribuye a reproducir o modificar estereotipos de género objetivados en la moda y cómo ahora, acorde con un discurso que está en construcción, se apuesta por una moda sin género.

Metodología

El trabajo parte de una revisión documental que toma como fuentes revistas de moda. Se seleccionaron aquellos artículos que, de forma expresa, hablaran de la moda sin género. Se identificaron los conceptos clave que proponen y los modelos teóricos de los que abrevan para sostener la propuesta.

Estructura

El trabajo está estructurado en tres partes: en la primera definimos qué es la moda sin género; en la segunda, mostramos algunos de los discursos que tanto diseñadores(as) como revistas han estado construyendo sobre la moda sin género y, finalmente, presentamos algunas reflexiones a modo de conclusiones.

De la moda binaria a la moda sin género

La moda sin género es una propuesta actual que está en construcción. Sus orígenes, según lo señalan articulistas y diseñadores, se pueden remontar a los años 20 del siglo pasado, cuando Coco Chanel introdujo el uso del pantalón como una prenda femenina. Algunos otros, rescatan también la figura de Katherine Hepburn, quien en la pantalla grande

comenzó a usar ropa de corte masculino y, más recientemente, a diseñadores como Yves Saint Laurant, quien creo el esmoquin para mujer o J. P. Gaultier y V. Westwood, quienes vistieron a modelos masculinos con faldas (Villamil, 2020).

Sin embargo, esto que se puede considerar como un antecedente, sólo se ha podido convertir en tendencia en los últimos años, gracias al dominio que la teoría *queer* tiene entre algunos grupos feministas y miembros de la comunidad LGBTTI+.

Judith Butler, una de las teóricas del género que más han impactado en la actualidad, propuso que el género no es sólo el resultado de una construcción cultural, sino que además es un performance que está constantemente actualizándose (Duque, 2010). Desde un paradigma no esencialista, la autora recupera la idea de que lo personal es político y por tanto, la forma en que la persona se presenta frente al mundo y actúa en él, tiene una significación política. La identidad de género y la manera en que esa identidad se manifiesta es una puesta en escena, es una producción que la persona realiza para presentarse ante a los demás. Si esa producción se realiza acorde con los cánones y estereotipos que el sistema heteropatriarcal ha establecido, la persona reproduce ese orden. Sin embargo, si se trasgrede el canon, entonces, con esa actuación, que es política, se está contribuyendo a la deconstrucción del sistema.

La filosofía propuesta por Butler ha sido recuperada por la comunidad LGBTTI+ y por los sectores que están a favor del borramiento del binarismo, por las posibilidades que abre a la manifestación de las múltiples identidades de género pues al romper con los estereotipos, otorga una sensación de libertad creativa que no tiene límites. Así pues, la moda sin género abreva de esta propuesta para, por un lado, romper con los moldes del género binario y, por otra, abrir nuevas tendencias de mercado que suenen más incluyentes.

De los discursos de diseñadores y revistas de moda sobre la moda sin género

Vogue es una de las revistas en donde se ha visibilizado la tendencia de la moda sin género, la cual se entrecruza con otras como la responsabilidad social. Adicional a la propuesta de Butler, Mikko Puttonen (2021), consultor experto en género fluido de *Vogue Scandinavia*, explica que la moda sin género no debe ser considerada solamente como una tendencia en ascenso; por lo contrario, significa un estilo de vida, una identidad, y que este cambio dentro de la industria de la moda implica una apertura a la creatividad, libertad y a una nueva forma de manifestación del género.

A partir del análisis del discurso producido por las revistas y diseñadores, encontramos una serie de conceptos clave que articulan el discurso: libertad, identidad, inclusión, diversidad (étnica y de género), adaptabilidad, andrógino y, en la línea de la responsabilidad social, el uso de materiales naturales, el regreso a lo artesanal, el consumo responsable, procesos sostenibles, respeto a la tradición, una vía para la manifestación social, etc…; Identificamos aquí que la moda cumple también un papel en el ámbito político y social, adicional a su carácter performativo.

Quienes se han adherido a este movimiento, que presentan como una filosofía, posicionan sus productos como una respuesta política pues dicen: “Vestirse y salir a la calle es en sí un acto político” (Rivero en Archetto, https://www.vogue.mx/moda/articulo/moda-sin-genero-marcas-latinoamericanas). La frase tiene claramente dos influencias, por un lado, el feminismo, cuyo eslogan es que todo lo personal es político y, por el otro, la propuesta de J. Butler en torno al género como un performance, donde la identidad, que está en constante construcción, es como una puesta en escena, es una producción.

Si contextualizamos la frase a las problemáticas sociales que enfrenta un país como Polonia, donde existe un creciente nacionalismo y se funda un movimiento de intolerancia hacia la comunidad LGBTTI+, los diseñadores emergentes toman una posición política desde su industria (Ciećwierz, 2019).

Vestirse entonces, es parte de esa producción de la identidad de las personas, muchas de las cuales, apuestan por la no diferenciación, la cual a su vez puede ser interpretada como un símbolo de resistencia o manifestación. Ana Clara Watanabe y Cecília Gromann, quienes producen la marca *Anacê*, abiertamente dicen apoyar las causas del movimiento LGBTTI+. Laura Acevedo Trillos, por su parte, dueña de la marca colombiana *Papel de punto*, dice: 'Creemos que el futuro de la moda es *genderless*, que si se desdibujan los límites del género se puede estar más cerca de quien se quiere ser, que los individuos pueden encontrarse a sí mismos y experimentar sin ningún juicio de valor' (Acevedo en Archetto, https://www.vogue.mx/moda/articulo/moda-sin-genero-marcas-latinoamericanas). Esta idea se torna fundamental en tanto que, hasta hace algunos años, la moda era estrictamente masculina o femenina. Revistas, diseñadores, productos (como los de belleza), enfatizaban los públicos a los que estaban encaminados. Las faldas eran exclusivamente de mujer y los colores obscuros eran para varones. Ahora, no sólo las prendas son neutras, también lo son los colores y las formas.

En la cultura contemporánea han emergido embajadores que han tenido un impacto significativo en la promoción de la propuesta por una moda sin género. El diseñador de modas, Harris Reed con tan solo veinticinco años, ha revolucionado la industria de la moda al introducir una propuesta innovadora al concepto que se tenía sobre "moda sin género" (Mead, 2021); estableciendo así un nuevo debate sobre el concepto de ropa neutra o de género fluido.

Los productos sin género no se quedan sólo en la industria del vestido, están también en la industria del perfume y del calzado. En los perfumes, "cuando se trata de oler delicioso, no importa si eres mujer u hombre". Paolo Terenzi, perfumista, afirma: "Solamente al romper los estereotipos de género que nos mantienen atadas a una sola esencia, seremos capaces de dar con aquella fragancia que verdaderamente refleja nuestra personalidad" (Padilla, 2020). *Calvin Klein* (CK) es una marca que, desde los años 90 del siglo pasado, se presentó como de vanguardia creando un perfume unisex. Ahora, lanza otro perfume "para todos", orgánica y vegana (Budasoff, 2020). Los perfumes que se presentan como sin género, según sus creadores, combinan lo robusto, intenso, peligroso, amaderado, cuero, con lo elegante, delicado, floral, dulce, romántico, buscando el equilibrio entre aquello que se piensa como masculino y femenino para ubicarse en el centro. Intentan conciliar lo contradictorio para no caer en la réplica de la moda binaria, de forma que la ropa que proponen pueda ser utilizada por cualquiera.

De igual forma dentro de la industria cosmética, Ashley Nicolette Frangipane, conocida por su nombre artístico: *Halsey*, lanzó en 2020 una línea de maquillaje llamada "About-Face" cuya filosofía es maquillaje para "everyone, everywhere, every way" (cada uno, en cualquier lugar, para todos los sentidos) que hace referencia al estilo andrógino de la cantante, y que propone una libertad de expresión en la imagen de las personas. (Thorne, 2021)

Estos ejemplos suponen una revolución en la industria de la moda como se conocía, no solo significa la apertura dentro de la industria a diseñadores fieles a la ideología *queer*; sino que da cuenta de una evolución en la expresión estética de la sociedad. La moda siempre se ha encontrado muy interrelacionada con los cambios sociales, y que la moda de género fluido haya tenido un escenario dentro de la industria, supone que se está gestando un cambio dentro de la estructura social.

Resultados

Se asume explícitamente que la moda "es un agente de cambio para romper con los estereotipos sociales y de género" (Jester en Archetto, https://www.vogue.mx/moda/articulo/moda-sin-genero-marcas-latinoamericanas),y que es un vehículo de libertad no sólo creativa, sino de construcción de la identidad y de comunión con la naturaleza y las diversas comunidades. Para los creadores es muy importante la capacidad de expresión, la libertad creativa y de movimiento que imprimen a sus prendas, de forma que piensan en

ropa que pueda ser usada en diversas circunstancias, que sean "de uso cotidiano".

Detrás del discurso de la moda sin género está la idea de que hay que posicionarse políticamente rechazando los géneros impuestos por la sociedad, lo que permite dar voz, a través del diseño, a una nueva generación. En esta línea, la marca *EyTy* "toma aquellos aspectos que nos separaban**,** como la raza**,** el género**,** y la edad y los convierte en vehículos para la creatividad**"** (https://www.lofficielmexico.com/moda/marcas-moda-sin-genero). *Red September*, la marca creada por Olga Vasyukova, dice que su propuesta es una protesta hacia la falta de visibilidad y aceptación de las diferentes orientaciones sexuales e identidades de género en su país (ídem). *Art School* es otra marca, de origen británico, que se posiciona dentro de la teoría queer para rechazar las identidades binarias y, a partir de ello, "redefinir las limitaciones de la moda" dando voz a las minorías (https://www.lofficielmexico.com/moda/marcas-moda-sin-genero). ¿Cómo dan voz a las minorías?, ¿no será esto sólo parte de un discurso que suena políticamente correcto?

La moda sin género se hermana con la moda responsable y sostenible: se usan materiales locales, orgánicos, con trabajo artesanal, respeto por la naturaleza y la tradición. Suele decirse que vuelve a lo simple. Pero también hablan de un cambio generacional en donde ser masculino o femenino ya no debiera importar. Proponen, como base de esta tendencia, la deconstrucción del sistema heteropatriarcal y una forma de hacerlo es rompiendo los cánones del binarismo y la moda binaria (Budasoff, 2020).

Sin embargo, en las imágenes que aparecen como parte de las campañas, varones y mujeres siguen siendo los portadores de prendas. Incluyen diversidades: población afrodescendiente, oriental, latina, pero otras diversidades siguen sin aparecer.

Discusión y Conclusiones

En los discursos que producen tanto las marcas como diseñadores y revistas en torno a la moda sin género hay una serie de constantes: la idea de libertad, sencillez, pulcritud, individualidad, creatividad, funcionales, cómodas y atractivas. La moda sin género es un espacio de expresión libre de las barreras sociales. La búsqueda de espacios de encuentro y el borramiento de las diferencias. La interseccionalidad se vuelve "vehículo para la creatividad" y camino para dar cauce a las manifestaciones de la individualidad sin importar el origen étnico, la edad o el género. Frente a este *boom* de la moda sin género, igual que sucedía hace unos años respecto de la moda y la responsabilidad social corporativa o la ecomoda, encontramos que tiene aspectos tanto positivos como negativos. Como positivos, destacamos el que se construya un discurso más inclusivo, pero, al mismo tiempo, como negativo, desconfiamos de los intereses que están en juego pues, como industria, tiene que adaptarse al entorno social si quiere sobrevivir y puede ser que la moda sin género no sea sino una vuelta de tuerca más para garantizar que el sistema económico sobreviva.

La libertad que ofrece el eliminar las barreras impuestas en lo que se conoce como masculino y femenino es una propuesta interesante, y que impacta en la conducta de consumo de las personas, ya que propone consumir independientemente del color o lugar departamental donde sea exhibida la prenda; es decir, siguiendo meramente los gustos individuales y fieles a la manifestación de su identidad. Implica también un análisis de nuestra identidad, ¿sabemos quiénes somos a tal grado de ser capaces de expresarlo mediante nuestra vestimenta?

Supone una propuesta interesante el comprender a la moda como un objeto más allá de lo frívolo y pretencioso; es comprenderlo como un mecanismo de manifestación, expresión de los ideales, de las identidades, comprender este espectro es fundamental para entender el discurso en construcción que es la moda sin género.

Referencias bibliográficas

Archetto, María Belén, (abril, 2021), "Estas 7 marcas latinoamericanas apuestan por la moda sin género" en Vogue, recuperado de:

https://www.vogue.mx/moda/articulo/moda-sin-genero-marcas-latinoamericanas

Budasoff, Ariana, (Noviembre, 2020), "La filosofía detrás de la moda sin género: mucho más que romper moldes y vivir sin etiquetas", *Redacción. Periodismo Humano*, recuperado de: https://www.redaccion.com.ar/la-filosofia-detras-de-la-moda-sin-genero-mucho-mas-que-romper-moldes-y-vivir-sin-etiquetas/

Ciećwierz, Sandra. (2019). These designers prove that Polish fashion is more political than ever. Recuperado de: https://www.calvertjournal.com/features/show/11081/polish-fashion-emerging-designers

Duque, Carlos (2010), Jutidh Butler y la teoría de la performatividad del género, Colegio Hispanoamericano, pp. 85-95, recuperado de: Dialnet-JudithButlerYLaTeoriaDeLaPerformatividadDeGenero-4040396.pdf

"La revolución de la moda sin género", (abril, 2020) L'Officiel, recuperado de: https://www.lofficielmexico.com/moda/marcas-moda-sin-genero

Mead, Rebecca, (2021). Height of Glamour. Recuperado de: https://www.newyorker.com/magazine/2021/09/27/harris-reeds-gender-fluid-fashion

Padilla, Patricio, (Agosto, 2020), **"**Los perfumes genderless que, sí o sí, serán un nuevo must en tu colección" en *Vogue*, recuperado de: https://www.vogue.mx/belleza/articulo/perfumes-unisex-los-mejores

Puttonen, Mikko. (2021). Why gender-fluid fashion isn't just a trend. Recuperado de: https://www.voguescandinavia.com/articles/why-gender-fluid-fashion-isnt-just-a-trend

Thorne, Gabi. (2021). Halsey Created a Makeup Brand to Help You Break Beauty Rules. Recuperado de: https://www.allure.com/story/halsey-about-face-makeup-brand

Villamil, Camila, (Julio, 2020), "Genderless: la tendencia de la moda sin género", *El Tiempo*, recuperado de: https://www.eltiempo.com/vida/mujeres/genderless-la-tendencia-de-la-moda-sin-genero-513012

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Autora: Perla del Refugio Escamilla Martínez

Universidad Autónoma de Querétaro

perla.esmtz@gmail.com

Asesora: Vanesa del Carmen Muriel Amezcua

Universidad Autónoma de Querétaro

vanesa.muriel@uaq.mx

Resumen

Palabras clave: aprendizaje, estrategias, universitarios.

La adecuación de los entornos de aprendizaje y las estrategias de enseñanza dependen de las características y estrategias que los estudiantes utilizan para aprender y para procesar la información. El presente estudio es parte de un diagnóstico inicial para la creación de un entorno blended learning, se identificaron las estrategias de aprendizaje y de procesamiento estratégico de la información que utilizan los estudiantes de ingeniería del Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, S.L.P. a través de la técnica del grupo de discusión llevada a cabo mediante una sesión en línea con estudiantes participantes voluntarios. Los hallazgos muestran que los estudiantes tienen una actitud favorable ante el estudio, han desarrollado estrategias de autoaprendizaje a partir del cambio de modalidad de presencial a en línea, utilizan estrategias como los apuntes y diagramas para recordar información, además de que consideran importante la incorporación de herramientas tecnológicas para el fomento de la interactividad y el acercamiento con ejemplos reales, así como conferencias con expertos entre otras. Los hallazgos del estudio permitirán el diseño de estrategias didácticas adaptadas al contexto educativo.

Abstract

The adequacy of learning environments y teaching strategies depends on the student's characteristics and strategies to learn and to process the information. The present article is part of an initial diagnosis for the creation of a blended learning environment, the students of the Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, S.L.P., learning strategies and strategic information processing were identified through a discussion group technique which was made on line with six volunteer students. Findings show that students have a favorable attitude toward study, they have developed self-learning strategies since the modality change from presential to virtual, the use strategies like taking notes and doing diagrams to remember information, then, they consider important the incorporation of technological tools for the promotion of interactivity and the approach with real life examples, as well as conferences with experts among others. These findings will let the design of didactic strategies adapted to the educative context.

Key words: learning, strategies, university students.

Introducción

Disminuir la distancia entre la emisión y la recepción es un trabajo pedagógico que debe partir del conocimiento de las condiciones sociales del educando y del código lingüístico, medios gráficos o gestuales que pueda lograr

esta disminución; la productividad pedagógica entonces sólo puede darse con base en el diagnóstico de habilidades previas y de la concepción de heterogeneidad del grupo social a quien se dirige la enseñanza.

De acuerdo al último informe del Educause Horizon Report (2021), los modelos híbridos y la educación virtual son grandes tendencias educativas con evidencias de satisfacción en los estudiantes, que requieren un cambio en los elementos que se solían priorizar, para tal efecto, se consideran decisivos la humanización y los enfoques teóricos cognitivos, metacognitivos así como la detección de las motivaciones que tienen los estudiantes para aprender, en este sentido, es importante un acercamiento a los estudiantes para identificar sus intereses, su métodos de estudio, sus estrategias de aprendizaje y los procesos cognitivos que siguen en su proceso de aprendizaje.

La necesidad de mejorar las prácticas educativas está asociada con el fin mismo de la enseñanza, para esto se tendría que tener claro cuál es ese fin, e acuerdo a Piaget (1973), es necesario cuestionarse la finalidad de la educación, al respecto es importante distinguir entre propósitos como aprender a aprender, a prender a innovar o a repetir, en consecuencia, con tales propósito es imprescindible encontrar una coincidencia entra las estrategias de aprendizaje y dichos fines.

Perspectivas de aprendizaje

Existen diferentes concepciones sobre lo que es el aprendizaje, de acuerdo a Zapata-Ros (2015) existe un consenso en el que aprendizaje es concebido como “el proceso o conjunto de procesos a través del cual o de los cuales, se adquieren o se modifican ideas, habilidades, destrezas, conductas o valores como resultado o con el concurso del estudio, la experiencia, la instrucción, el razonamiento o la observación” (p.73), la importancia de entender el proceso de aprendizaje ha llevado al nacimiento y consolidación de diferentes teorías para entender este proceso.

De acuerdo con Pozo (1999) los elementos necesarios para que se pueda dar el aprendizaje de manera clara y delimitada son: los resultados, los procesos de aprendizaje y las condiciones de aprendizaje, uno de los elementos que más se puede manipular como educadores son las condiciones de aprendizaje, ya que los procesos de aprendizaje se ven influidos por las condiciones de aprendizaje y hacen referencia a la actividad mental del estudiante, el cual en gran parte depende de sí mismo, los resultados por otro lado, son la consecuencia de las condiciones y los procesos de aprendizaje, entonces las condiciones del aprendizaje son los elementos en que en mayor medida puede tener cabida la intervención educativa.

Promover entornos de aprendizaje donde se privilegie el diálogo, la comunicación y participación activa de los discentes a través de estructuras multidireccionales y métodos dialécticos que habiliten a los estudiantes a ser parte de una nueva era, donde la interactividad es la clave del futuro comunicativo, y en donde el progreso sólo podrá tener cabida en la responsabilidad de cada persona de entender y transformar su realidad, requiere de un redimensionamiento de los objetivos de la educación y su utilidad e impacto para el progreso económico, social y moral de la actual sociedad.

Frente a esto, se hace necesario el desarrollo de estrategias para ayudar a la permanencia de los estudiantes, a dotarlos de herramientas que los hagan competitivos con un nivel alto de calidad académica y habilidades para el mundo laboral. Estas estrategias sólo pueden ser diseñadas a partir del entendimiento de las lógicas que un estudiante sigue para aprender, entendido esto, como las estrategias que los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior

de Rioverde del programa educativo de Ingeniería Industrial utilizan para aprender.

El modelo educativo en el cual se enmarca esta propuesta es el Modelo Educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales por competencias, el cual tiene como referentes teóricos el constructivismo (Vygotsky, 1978), el aprendizaje significativo (Ausubel, et.al., 1983) y colaborativo.

La dimensión académico se basa en tres ejes principales para el desarrollo de competencias conceptuales, actitudinales y procedimentales (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2012), el fortalecimiento de estas competencias sólo es factible a través de la creación de ambientes de aprendizaje activos y autónomos, que permitan la incorporación de nuevas prácticas, el uso de la tecnología y la adecuación de estrategias de enseñanza tanto para la modalidad presencial como en línea de acuerdo a los programas y planes de estudio.

Dicho lo anterior, la presente investigación pretende realizar un análisis cualitativo de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes universitarios de una institución de educación superior tecnológica, en el marco de un proyecto de investigación para el diseño de estrategias didácticas en un escenario *blended learning*. Este diagnóstico permitió contar con los insumos de información necesarios para adecuar las estrategias a las necesidades y formas de aprender de los estudiantes.

Por lo tanto, la presente investigación pretende dar respuesta a la siguiente pregunta general:

¿Qué estrategias de aprendizaje y de procesamiento estratégico de la información utilizan los estudiantes para aprender en una modalidad en línea?

Objetivo General

Realizar un diagnóstico de las estrategias de aprendizaje que utilizan los estudiantes de una Institución de Educación Superior Tecnológica a través de un grupo de discusión que permita la identificación de las estrategias de aprendizaje y de estrategias de procesamiento de la información.

Metodología

Con el fin de conocer las estrategias de aprendizaje que utilizan los estudiantes universitarios, se llevó a cabo un grupo de discusión, esta es “una técnica no directiva que tiene por finalidad la producción controlada de un discurso por parte de un grupo de sujetos que son reunidos, durante un espacio de tiempo limitado, a fin de debatir sobre determinado tópico propuesto por el investigador” (Gil, 1993, p.200). Se considera su pertinencia para profundizar en las estrategias que utilizan los estudiantes universitarios para aprender, es una técnica apta para la producción y registro del discurso grupal (Gutiérrez, 2011).

El grupo de discusión se desarrolla con un guion de preguntas de tipo semiestructuradas y abiertas, lo que se pretende es identificar las percepciones que tienen los estudiantes sobre las estrategias que utilizan para aprender y el procesamiento estratégico que hacen de la información. Las dimensiones se basan en la propuesta de Castellanos, Di Giusto y Martín (2010) y Gargallo, Suárez-Rodríguez, Pérez-Pérez (2009) usadas para la construcción de un instrumento que identifique las estrategias de aprendizaje y el procesamiento estratégico de la información en estudiantes universitarios, estas categorías coinciden con las tres fases de: adquisición, transformación y recuperación de la información presentadas por Martín del Buey (2000) que describen el Procesamiento Estratégico de la Información (PEI).

En el grupo de discusión, participaron de manera voluntaria seis estudiantes, tres de género masculino y tres de género femenino, se les hizo llegar una invitación abierta vía plataforma, en la cual, cursan algunas de las asignaturas del semestre en curso, el objetivo del grupo de discusión se enfocó en determinar dos dimensiones: las estrategias de aprendizaje y el procesamiento estratégico de la información. Las dimensiones del grupo de discusión surgen de los supuestos que fueron identificados en la construcción del marco teórico, los cuales permiten la precisión de las categorías de diagnóstico inicial.

Tabla 1

Supuestos y Conceptualización de Categorías para Grupo de Discusión

Supuesto	Categoría	Definición	Pregunta guía
La detección de necesidades de aprendizaje, así como la identificación de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes dan la pauta para el diseño de estrategias diversas y de contenido significativo para los estudiantes.	Estrategias de aprendizaje	El conjunto organizado, consciente e intencional de lo que hace el aprendiz para lograr con eficacia un objetivo de aprendizaje en un contexto social dado (Gargallo, Suárez-Rodríguez, Pérez-Pérez, 2009).	¿Cuáles son los enfoques y estrategias de aprendizaje que más probablemente traigan los estudiantes a tu programa?
Los principios de las corrientes teóricas del cognitivismo y constructivismo promueven el desarrollo de un aprendizaje significativo y activo por parte del estudiante.	Estrategias de Procesamiento estratégico de la Información	Son estrategias contempladas en los modelos de procesamiento de la información que incluyen la adquisición, elaboración, organización y almacenamiento (Gargallo, Suárez-Rodríguez, Pérez-Pérez, 2009).	¿Cómo la tecnología puede ser usada para abastecer las diferencias en las estrategias de aprendizaje de los estudiantes?

Fuente: Elaboración propia

Aplicación del grupo de discusión

El grupo de discusión se integró de seis participantes, tres de género masculino y con tres estudiantes del género femenino, se seleccionaron al azar, su participación fue voluntaria y se les contactó a través de su correo electrónico institucional, la sesión tuvo una duración de 40 minutos y se llevó a cabo a través de video llamada grupal. La sesión fue grabada tanto en video como en voz para ser registrada y poder analizada posteriormente.

En el caso del grupo de discusión, el enfoque interpretativo de los resultados se llevó a cabo a través de la hermenéutica de validación, su elección se basa en que este tipo de enfoque "defiende la validez o la objetividad de la interpretación por encima, y en contra, de los intereses, prejuicios, marcos de interpretación o deseos del investigador" (Sandín Esteban, 2003).

Para la codificación de las respuestas del grupo de discusión se preparó un informe. Una vez concluida la actividad, se tomaron citas y transcripciones de las opiniones que representaron opciones de cada una de las unidades de análisis y de cada pregunta.

Se realizó un análisis del grupo de discusión en el programa informático ATLAS.Ti, se llevó a cabo una transcripción del mismo mediante un procesador de texto para ser analizada de acuerdo con las categorías que la conformaron, de acuerdo a la siguiente guía:

Actitud Positiva ante el estudio
P1- ¿Cómo consideras tu actitud ante el estudio y por qué?
P2- ¿Te crees capaz de superar las tareas difíciles?

Selección y uso de estrategias
P3- ¿Qué estrategias usas para entender un texto?

P4- ¿Cómo organizas la información para entender los conceptos e ideas principales?

Control estratégico y personal

P5- ¿Cómo controlas la forma y los tiempos cuando estás estudiando para hacerlo de manera efectiva?
P6- ¿Qué haces cuando necesitas recordar una información?

Meta conocimiento estratégico
P7- ¿Conoces técnicas para mejorar tu concentración y atención?
P8- ¿Conoces tus puntos fuertes y débiles para aprender?

Resultados

En los siguientes gráficos se muestran las redes semánticas de la unidad hermenéutica derivada del grupo de discusión, la primera muestra la red de las estrategias de aprendizaje y el procesamiento de la información, la segunda muestra las recomendaciones de los estudiantes en cuanto a cómo les gustaría aprender usando herramientas tecnológicas.

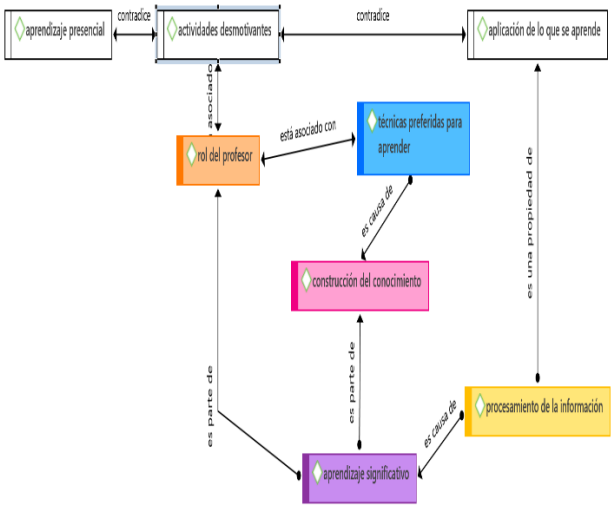


Figura 21. Red Semántica Estrategias de Aprendizaje

Fuente: Elaboración propia a partir del programa ATLAS.ti

De acuerdo a cinco puntos nodales encontrados en los análisis de las respuesta, se formó la red con las categorías mostradas en la figura, las respuestas indican que para que exista un aprendizaje significativo, es importante la forma en cómo se procesa la información, para lo que algunos estudiantes mencionan la relevancia de poder aplicar lo que se aprende en las actividades o tareas asignadas en cada materia que cursa, una de las citas más relevantes al respecto es la siguiente: "*Mostrando un ejemplo, que se pueda dar una confianza entre el maestro y el alumno para realizar las preguntas y que no tengamos que resolver la mayoría entre los alumnos*" (participante 2).
Eso muestra que además de la necesidad de ver ejemplos reales, consideran crucial el rol del profesor para el entendimiento de los contenidos, así mismo consideran que en ocasiones tienen que llevar a cabo actividades que les son des motivantes al mencionar: *"Hacer diagramas o aplicar algo que realmente nos vaya a servir de algo no ver una película, realmente no nos va a servir de mucho, utilizar herramientas más útiles*" (participante 3).
Así mismo los estudiantes comentaron no estar dispuestos cuando de tareas repetitivas se trata, ya que suelen perder la atención con facilidad *"La debilidad que tengo es que me da mucha pereza a veces hacer las cosas si siento que es un proceso muy repetitivo o muy tedioso que se realiza con mucha facilidad, contrario a los procedimientos que llevan más enfoque, esos se me facilitan realizarlos*" (participante 3).
Los estudiantes expresan tener una actitud favorable ante el estudio, algunos de ellos comentan haber desarrollado habilidades de autoaprendizaje y búsqueda de información, también expresan que esa actitud en parte depende de la naturaleza de la materia y del proceso de enseñanza del profesor, del mismo modo, se encuentra una relación entre la modalidad de aprendizaje y su actitud hacia el estudio cuando mencionan: "*Como no es de manera presencial tienes que poner más atención*" (participante 4). Por lo que se

identifica la importancia de que el profesor lleve a cabo actividades que incorporen ejemplos y actividades aplicados a la vida real.

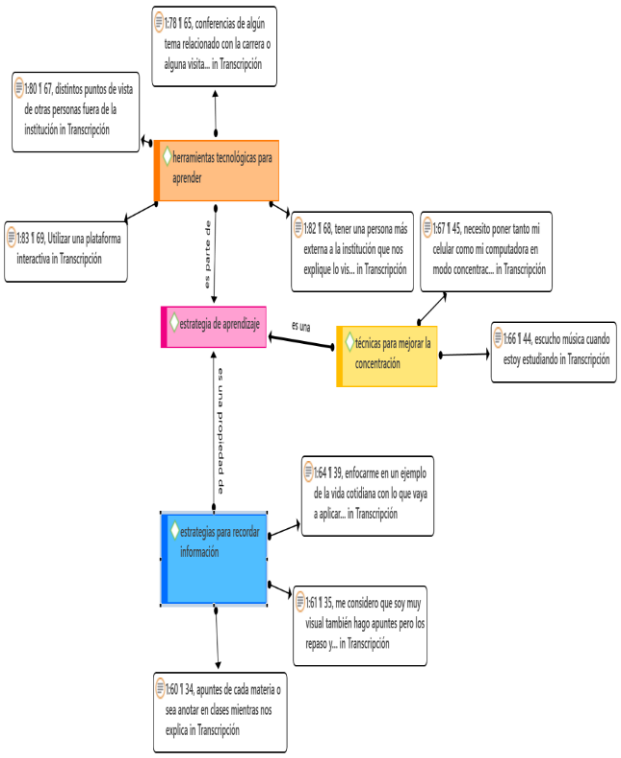


Figura 22. Red semántica de técnicas y estrategias de aprendizaje asociados con herramientas tecnológicas para aprender.

Fuente: Elaboración propia a partir del programa ATLAS.ti

En la figura 22, la red semántica nos muestra que entre las estrategias de aprendizaje implementadas por los y las estudiantes se encuentran la de hacer apuntes y simplificar conceptos a través de ejemplos de la vida diaria, también la creación de esquemas visuales y formularios, les son útiles para recordar una información "*Enfocarme en un ejemplo de la vida cotidiana con lo que vaya a aplicar si es dentro de la carrera o es de introducción"* (participante 6).

Respecto a las técnicas de concentración y atención, sus respuestas se orientaron más al espacio físico externo, por lo que la opinión general se describe en términos de la eliminación de estresores ambientales.

Un elemento asociado con las estrategias para aprender son las herramientas tecnológicas que utilizan para el aprendizaje, las herramientas que les gustaría incorporar son variadas entre ellas expresan las reuniones virtuales con expertos en el tema, las videoconferencias y el uso de herramientas interactivas para el aprendizaje, esto se identifica con expresiones como: "*Generar reuniones de expertos que conocen del tema para no solo quedarnos con lo que nos dan los profes o con lo que nosotros sabemos"* (participante 2) y "*Tener otra referencia de cómo es lo que estamos viendo"* (participante 4).

Discusión y conclusión

El objetivo principal de este estudio fue identificar las estrategias de aprendizaje y de procesamiento estratégico de la información de las y los estudiantes de una Institución de Educación Superior Tecnológica. Después de aplicar la técnica de grupo de discusión, los estudiantes expresaron tener una actitud positiva entre el estudio y haber creado estrategias de autoaprendizaje a partir del cambio de modalidad de presencial a en línea, consideran que el apoyo entre compañeros y la resolución de dudas por parte del docente son importante para tener un buen entendimiento de los temas, las estrategia que utilizan para recordar información tales como apuntes, diagramas, guías y ejemplos son elementos para ser incluidos dentro del plan de intervención; en cuanto a herramientas tecnológicas para aprender sugieren las conferencias virtuales, reuniones con expertos y herramientas interactivas.

La actuación académica estratégica requiere de un plan que responda al contexto educativo y que se adecué a las características de sus participantes, incorporar un entorno que propicie las competencias profesionales ajustadas a las necesidades y formas de aprender de los estudiantes puede tener

efectos en la mejora de rendimiento académico (Gargallo López et. al., 2011), así como el aumento de la motivación del estudiante, por lo tanto, un paso inicial al crear entornos híbridos de aprendizaje es la incorporación de estrategias didácticas orientadas a las formas en como los estudiantes aprenden, de esta manera, se puede reducir la brecha entre lo que el educador considera efectivo y lo que al estudiante le resulta eficaz para mejorar su proceso de aprendizaje.

Referencias

Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.

Castellano, S., Martín, M.A., Cuesta, M. y García, E. (2011). Cuestionario de Evaluación del Procesamiento Estratégico de la Información para Universitarios (CPEI-U). *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*. *2* (16), 15-28. researchgate.net/publication/260369313_Cuestionario_de_evaluacion_del_procesamiento_estrategico_de_la_informacion_para_universitarios_CPEI-U

Dirección General de Educación Superior Tecnológica. (2012). *Modelo Educativo para el siglo XXI*. http://www.dgest.gob.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf

Educause Horizon Report (21 de octubre de 2021). *2021 Educause Horizon Report Teaching and Learning Edition 2021* [archivo PDF]. https://library.educause.edu/resources/2021/4/2021-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition

Gargallo, B., Suárez-Rodríguez, J. M. y Pérez-Pérez, C. (2009). El cuestionario CEVEAPEU. Un instrumento para la evaluación de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes universitarios. *RELIEVE, 15* (2), p. 1-31. http://www.uv.es/RELIEVE/v15n2/RELIEVEv15n2_5.htm

Gil, J. (1993). La metodología de investigación mediante grupos de discusión. Enseñanza y Teaching: *Revista interuniversitaria de didáctica 10*(11), 199-214.

Gutiérrez, B. (2011). Focus group: ¿Prolongación, variación o ruptura con el focus group. *Cinta Moebio,* (41). 105-122.

Pozo, J. (1999). *El Sistema del aprendizaje, en Aprendices y maestros*, 85-103. Alianza.

Piaget, J. (1973). *Psicología y Pedagogía.* Barcelona: Ariel.

Martín del Buey, F., Camarero, F., Sáez, C. y Martín, E. (2000). *Procesamiento Estratégico de la Información*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.

Sandín Esteban, M. P. (2003). *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones*. Mc Graw and Hill Interamericana.

Vygotsky, L.S., (1978*). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes,* edición a cargo de M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner y E. Souberman, Cambridge, MA.

Zapata-Ros, M. (2015). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. *EKS, 16*(1), 69-102. doi:http://dx.dpi.org.10.14201/eks201516169102

Importancia e impacto de la formación en la identidad docente.

Autor: Gabriela Gisell Escobedo Garza (gescobedo21@alumnos.uaq.mx)
Directora: Erika García Torres. (erika.garcia@uaq.edu.mx)

Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

La formación de los profesores de matemáticas de secundaria es un elemento constitutivo de su identidad docente, la cual de acuerdo a sus características, guía su hacer y actuar con respecto a las acciones y decisiones que toman no solo relacionadas con su práctica sino también con su desarrollo profesional. Esta investigación presenta un estudio cualitativo con alcance descriptivo cuyo objetivo fue la caracterización de la identidad docente de 10 profesores de matemáticas de secundaria de diversas formaciones, tanto relacionadas o no con la docencia y las relaciones que hay entre esta y la formación. Bajo el marco metodológico de la Investigación Narrativa, se realizaron entrevistas a profundidad para la recolección de datos, los cuales fueron analizados mediante un proceso de triangulación y comparación para posteriormente construir categorías de la identidad docente. Los resultados preliminares encontrados muestran que los docentes han experimentado diversos cambios de identidad, como consecuencia de su formación relacionados con los procesos y reflexiones propios que implican convertirse en profesores de matemáticas de secundaria. En consecuencia estos cambios de identidad han influido en las decisiones que los docentes han tomado para su práctica y en muchos casos los han motivado y guiado en su desarrollo profesional, influyendo de forma directa en su ejercicio profesional y en consecuencia en los procesos de aprendizaje de sus alumnos.

Palabras clave: identidad docente, formación docente, matemáticas, secundaria.

Abstract

The training of secondary school mathematics teachers is a constitutive element of their teaching identity, which, according to its characteristics, guides their doing and acting with respect to the actions and decisions they make not only related to their practice but also to their practice. professional development. This research presents a qualitative study with a descriptive scope whose objective was the characterization of the teaching identity of 10 secondary school mathematics teachers graduated from various formations, both related or not to teaching and the relationships between it and training. Under the methodological framework of Narrative Research, in-depth interviews were conducted to collect data, which were analyzed through a process of triangulation and comparison using the saturation criterion to later construct categories of teacher identity. The preliminary results found show that teachers have undergone various identity changes, as a consequence of their training, related to the processes and their own reflections that imply becoming secondary school mathematics teachers. Consequently, these identity changes have influenced the decisions that teachers have made for their practice and in many cases have motivated and guided them in their professional development, directly influencing their professional practice and consequently in the learning processes of your students.

Keywords: teacher identity, teacher training, mathematics, secondary school.

Introducción

Con el paso de los años, los profesores normalistas de educación secundaria han sido sustituidos paulatinamente por otros docentes egresados de licenciaturas relacionadas o no con el ámbito educativo. Por tanto, actualmente los docentes de

secundaria que laboran en las escuelas del país, pueden ser egresados tanto de carreras relacionadas con la docencia, provenientes de diversas instituciones educativas, como de carreras no asociadas con la enseñanza y el aprendizaje (Medrano y Ramos, 2019; Rivera y Alfageme-González, 2019). En consecuencia, el grupo de docentes de secundaria se encuentra conformado por profesores con diversas formaciones iniciales.

Dentro de los procesos de enseñanza, la formación tanto inicial como continúa de los profesores ocupa un papel clave, ya que incide en su desarrollo profesional y en consecuencia en el aprendizaje de las nuevas generaciones, lo que la ubica desde hace unas décadas como un elemento central de las evaluaciones educativas (Vezub, 2007). El hecho de que, actualmente los profesores de secundaria tengan diversas formaciones iniciales, nos hace reflexionar sobre la importancia de realizar estudios que analicen esta diversidad, su impacto en el desarrollo profesional docente y su efecto en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La formación, es un proceso personal y social, en el cual los individuos reúnen conocimientos y experiencias que les permiten buscar y construir las condiciones necesarias para enriquecerse, construyéndose de esta forma así mismos (Rosas, 2000). La formación además, implica aceptar que el individuo posee las capacidades necesarias para poder producir y/o elegir ofertas de formación en función de sus conocimientos, de su historia, de sus saberes previos, su capacidad crítica y las expectativas que tiene de la oferta misma. Además, la formación de los docentes se encuentra relacionada con la construcción de su identidad profesional. Las características de esta identidad determinan el estilo de la práctica de cada profesor, por lo que impactan de forma directa con la enseñanza y formación de los alumnos y en consecuencia en la calidad educativa (Navarrete, 2013).

El impacto que la formación puede tener en los procesos de enseñanza y aprendizaje, es diverso. La enseñanza no puede ser únicamente reducida a la técnica o la asistencia a cursos de formación, ya que proviene tanto de la práctica como de la identidad misma de cada maestro. A medida que los profesores enseñan, proyectan la condición de quienes son, pudiendo identificar las dificultades, carencias y oportunidades que se tienen como consecuencia de su formación y toman decisiones que afectan y modifican tanto a su práctica como a su propia identidad docente (Ponte & Chapman, 2008). Las diversas investigaciones realizadas sobre la identidad docente, muestran que las formaciones diferentes a la docencia influyen en la forma en cómo se identifican los profesores así mismo, incidiendo en sus decisiones y en la forma de enseñar (Aydeniz y Hodge, 2011), mientras que su identidad afecta las elecciones que toman no solo con respecto a su práctica sino también aquellas relacionadas con su formación y profesionalización, motivando cambios y la voluntad de desarrollarse profesionalmente (Lutovac & Kaasila, 2018). Por lo que, tanto la formación como la identidad docente resultan componentes claves en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La identidad profesional, en este caso, la identidad docente, puede definirse como un proceso continuo de integración entre las partes personal y profesional de un individuo que convergen en un momento y lugar determinado (Beijaard, Meijer & Veerlop, 2004). En este caso en particular, confluyen en la transformación y construcción para "ser un profesor de matemáticas de secundaria", incluyendo las ideas que cada docente tiene sobre la enseñanza, sobre sí mismo como docente, el tipo de profesor que quiere o se desea ser, la visión sobre lo que significa ser un excelente maestro, y la capacidad de reflexionar sobre la experiencia, vinculando la práctica con la teoría (Palmer, 1997, citado en Ponte & Chapman, 2008).

Para este estudio en particular, conceptualizamos la identidad docente de los profesores de matemáticas como un proceso continuo de construcción del yo profesional, que se modifica en el tiempo, influenciado por los contextos y relaciones con los demás, que determina el reconocerse a sí mismo y por los otros como maestro de matemáticas, influyendo en las decisiones que se toman para la práctica.

Así, la identidad docente es un producto y un proceso personal de cada docente que resulta de la influencia de una amplia variedad de contextos, los cuales incluyen la formación, tanto inicial como continua, como las interacciones con los elementos con conforman estos contextos como lo son la forma de enseñar, los alumnos o la forma de conducirse como profesor. De esta forma la identidad docente sufre cambios entre los diversos periodos por los que transita el docente (Beauchamp & Thomas, 2011). Por lo que el proceso de convertirse en profesor de matemáticas implica un desarrollo de cambio de identidad (Bjuland, Cestari y Borguersen, 2012) lo que implicaría que aquellos profesores con formaciones diferentes a la docencia podrían experimentar un cambio de identidad entre su formación inicial y su ahora profesión.

La construcción de la identidad docente surge fundamentalmente a partir de tres procesos: la construcción histórica de la profesión, la formación inicial y permanente de los maestros y sus actividades docentes que realiza día a día dentro de un contexto escolar específico, además que tiene la capacidad, de acuerdo a las circunstancias de re acomodarse y modularse adaptando e integrando nuevas experiencias a los esquemas previamente establecidos (Navarrete, 2013). En consecuencia, la identidad docente, cambia de acuerdo al dominio de la enseñanza y los conceptos e imágenes que se tienen de uno mismo influyen en la forma en que se enseña y se desarrolla (Beijaard, Meijer & Veerlop, 2004), determinando el estilo de la práctica profesional y la forma en que los docentes se relacionan con sus alumnos (Navarrete, 2013).

En el caso de los profesores de secundaria, una característica que forma parte de su identidad docente de la cual se sienten muy orgullosos y que se encuentra relacionada con su formación es la especialización del conocimiento, la cual a diferencia del nivel primario donde los docentes cuentan con una formación general, en secundaria, los profesores pertenecen a un grupo que domina ciertos temas de acuerdo a la materia que imparten (Sandoval, 2001), lo que en consecuencia expone diferencias entre las identidades de profesores especializados en matemáticas de quienes no lo son (Lutovac y Kaasila, 2018).

Estas conexiones entre formación, identidad y desarrollo profesional, nos hacen reflexionar sobre las relaciones que pudieran existir entre estas y su impacto en la enseñanza, ya que alcanzar la cohesión, la correspondencia y la complementación entre la formación inicial y continúa es también un gran reto para el desarrollo profesional docente, ya que se debe tratar de asegurar la correlación entre los conocimientos y las capacidades de cada profesor, para poder progresar en el mejoramiento de su práctica y con ello contribuir al aseguramiento de una educación de calidad (Medrano y Ramos, 2019). Por lo que nos preguntamos cómo influye la formación de los profesores de matemáticas de secundaria en la construcción de su identidad y en consecuencia en las decisiones que toman para su desarrollo profesional.

La importancia de realizar investigaciones sobre la identidad docente, reside en su vínculo y relevancia para la práctica de los profesores, en otras palabra, para la enseñanza y aprendizaje (Lutovac & Kaasila, 2018), ya que detectar indicadores de la identidad profesional contribuye a conocer más sobre el desarrollo profesional de los docentes (Bjuland, Cestari & Borgersen, 2012). Además, comprender el proceso de construcción de la identidad es importante, sobre todo para la búsqueda de propuestas de mejoras en la formación inicial, para la toma de decisiones de las instituciones formadoras de profesores, así como para las políticas públicas relacionadas con el profesorado (Gajardo, 2019), por lo que se las investigaciones sobre las identidades docentes focalizadas en grupo afines, como son el este caso, profesores que imparten una disciplina, las matemáticas, apoyan para comprender el desarrollo de la identidad de este grupo particular y cómo sus contextos afectan sus concepciones docentes, sus decisiones y relaciones.

Es por ello que este estudio tiene como objetivo analizar a través de un estudio de identidad docente cómo los profesores de matemáticas de secundaria construyen su identidad, específicamente el papel de la formación inicial y continua, como elemento

constitutivo de la identidad, lo que permitirá conocer e identificar los momentos, estrategias, decisiones y acciones que los docentes ocupan y toman en su práctica profesional para afrontar los desafíos, dificultades y oportunidades que les han permitido crecer en su desarrollo docente, además de analizar los elementos constitutivos de su identidad como profesores de matemáticas de secundaria, con la finalidad de contribuir al desarrollo profesional docente a través de procesos de reflexión y propuestas para el desarrollo de innovaciones en el ámbito curricular

Metodología

Para la realización de este estudio se llevó a cabo un trabajo de investigación de corte cualitativo con alcance descriptivo, utilizando como base los fundamentos metodológicos y teóricos de la Investigación Narrativa, para efectuar un estudio de identidad docente que nos permita encontrar las conexiones entre la formación, desarrollo profesional e identidad de los profesores de matemáticas de secundaria.

La identidad puede ser también definida como una colección de historias de personas, narrativas sobre individuos que pueden ser respaldables, significativas y reificables (Sfard & Prusak, 2005) y los indicadores de la identidad profesional pueden ser detectados a través del texto y del discurso (Bjuland, Cestari y Borguersen, 2012).

Por lo tanto se recurrió a la investigación narrativa, la cual es un arco teórico y metodológico que se enfoca en el estudio de las personas, analizando relatos que contienen una reflexión, con el objetivo de comprender la relación entre las condiciones concretas de existencia y los hechos vividos (Fortoul, 2013). Reune datos a traves de la recopilación de historias y experiencias individuales ordenadas cronológicamente (Cresswell, 2007), lo que permite ofrecer una noción del desarrollo propio de cada individuo explicando cómo los acontecimientos y decisiones pasados inducen y conducen en sus acciones actuales (Lutovac & Kaasila, 2018).

Por ello se realizó un estudio cualitativo mediante un estudio de caso a través de entrevistas a profundidad en la modalidad virtual, en las cuales participaron 10 profesores de secundaria de matemáticas de 4 diferentes entidades del país.

Previamente a la realización de las entrevistas con los participantes, se construyeron 35 preguntas basadas en los antecedentes y en la definición de identidad elaborada para este estudio. Estas preguntas abordaron aspectos como la influencia de los contextos en la identidad, la identidad como un proceso continuo que se modifica en el tiempo y su efecto en las decisiones que los profesores toman para su práctica y desarrollo profesional.

Específicamente, las preguntas correspondientes a la relación entre la formación tanto inicial como continua con la identidad docente que se elaboraron y posteriormente se aplicaron en las entrevistas fueron:

- ¿Cuándo/cómo decidió convertirse en profesor?, ¿por qué?
- ¿Tiene una profesión diferente a la de profesor?
- ¿Cómo fue su formación inicial?, ¿cuál es?, ¿la ejerce actualmente?, ¿cómo se identifica más?
- ¿Cuáles/cómo fueron sus experiencias en sus primeros años como docente?
- ¿Cuáles han sido sus experiencias de formación continua y/o profesionalización?
- ¿Qué curso o taller es el que más le ha ayudado en su práctica dentro de su salón de clases?

Posteriormente a la realización de las entrevistas y la recolección de datos, las entrevistas se transcribieron para su análisis. Para el análisis de los datos se recurrió a un proceso de triangulación apoyado con el software Atlas.ti. Por medio del método de comparación constante y el criterio de saturación de

información se elaboraron posteriormente categorías de la identidad docente.

Resultados preliminares

Los primeros resultados obtenidos del análisis de datos referentes a la relación entre la formación de los profesores de matemáticas de secundaria y su identidad coinciden con lo expuesto por Lutovac y Kaasila (2018) mostrando que los docentes con formaciones iniciales no relacionadas con la docencia consideran que las carreras profesionales que cursaron contenían una gran carga de materias relacionadas con las matemáticas, lo que ha sido de gran apoyo para impartir sus clases, ya que los conocimientos adquiridos les han permitido cubrir con las exigencias específicas de la asignatura, ya que cuentan con conocimientos especializado en el tema y en consecuencia les ha permitido poder ocupar el puesto de profesores de matemáticas.

También el hecho de contar con conocimientos sólidos de matemáticas, les ha permitido a los profesores no preocuparse por el dominio de estos al impartir sus clases, lo que les ha resultado de gran apoyo al abordar los diferentes temas incluidos en la currícula, los que manifiestan que dominan. Sin embargo, al contrario de los profesores egresados de carreras relacionadas con la docencia, los profesores con carreras diferentes, reconocieron que al comienzo de su carrera docente, adolecían de conocimientos pedagógicos didácticos que les permitieran poder transmitir sus conocimientos a sus alumnos, en consecuencia en esa etapa se identificaban como "no maestros" ya que no contaban con estos conocimientos, no habían estudiado para ser docentes, a diferencia de quienes sí lo habían hecho.

Esta situación, de identificarse como "no maestros", motivo que aquellos profesores con formaciones ajenas a la docencia, buscarán durante sus primeros años de servicio opciones de formación relacionadas con el área docente que les permitiera adquirir estos conocimientos y dotar de las herramientas que necesitan para impartir sus clases, por lo que cursaron algún diplomado, especialidad, maestría en temas como formación docente, competencias, docencia en matemáticas o educación.

En contraparte, los profesores egresados de carreras relacionadas con la docencia, manifestaron contar con conocimientos pedagógicos didácticos y en algunos casos incluso con experiencia frente a grupo, lo que en estos casos propició que desde sus últimos semestres de carreras comenzaran a sentirse identificados como profesores de matemáticas, ya que desempeñaban las actividades de estos y eran vistos por los alumnos como tales. Con respecto a los conocimientos relacionados con las matemáticas, estos profesores manifiestan contar con los saberes necesarios para poder impartir sus clases de forma eficiente, aunque en ocasiones les ha sido necesario revisar y repasar algunos conceptos previamente a dar sus clases o cuando son cambiados del grado asignado.

Referente a los cambios de identidad que han experimentado los docentes y que se encuentran relacionados con su formación, , el inicio de su servicio y el paso del tiempo frente al grupo (Beauchamp & Thomas, 2011), tenemos primeramente que aquellos profesores que compartieron que al inicio de su carrera se identificaban como "no maestros", al día de hoy se autoidentifican como "profesores de matemáticas de secundaria".

También se encontró que los profesores han modificado su identidad como consecuencia de su formación, experiencia. Consideremos el caso de una docente que al ser egresada de una carrera no relacionada con la docencia, en sus primeros años de servicio, se sentía muy insegura con respecto a las decisiones que tomaba dentro de su salón, por lo que se consideraba una profesora seguidora de libros, la cual utilizaba los libros como una guía para su práctica diaria, ya que pensaba que no contaba con las capacidades y experiencia necesaria para poder afrontar la situación, influyendo en sus decisiones y acciones dentro del aula, como en su propia identificación. Posteriormente, con la asistencia a una especialidad en docencia, con la experiencia

adquirida y el tiempo frente a grupo, la profesora modificó su identidad, identificándose al día de hoy como una docente abierta a experimentar con materiales y recursos diversos, los cuales pueden o no provenir de libros, buscando propiciar el aprendizaje de sus alumnos y modificando en consecuencia las decisiones y acciones que lleva a cabo.

Otro ejemplo de la influencia de la formación de los profesores con su identidad y las decisiones que toman para su práctica docente (Aydeniz y Hodge, 2011) se presentó por parte de los docentes que son egresados de carreras relacionadas con la docencia, así como aquellos que han cursado algún curso, especialidad o maestría relacionada con la enseñanza y el aprendizaje. En el caso de los primeros, estos docentes ocupan los conocimientos didácticos pedagógicos adquiridos para mejorar los procesos de enseñanza hacia alumnos, mientras que los segundos manifiestan elaborar situaciones didácticas y/o problemas que contextualizan con los saberes específicos que tienen de sus formaciones iniciales, permitiéndoles vincular los objetivos, aprendizajes y conceptos que deben adquirir sus alumnos con casos prácticos en situaciones reales de temas relevantes como finanzas, administración, investigación o tecnologías que propician en los alumnos la participación activa en sus procesos de aprendizaje.

Pero no solo los conceptos de formación docente pueden influir en las decisiones que los docentes toman con respecto a los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino que también influyen en su desarrollo profesional y en la formación positiva de sus identidades (Lutovac y Kaasila, 2018). Por ejemplo, podemos mencionar que aquellos profesores que asisten a cursos de capacitación y/o formación continúa y profesionalización, manifiestan que a partir de los conocimientos adquiridos en estos, han modificado su práctica docente, ya que ponen en práctica lo aprendido. Comparten además que siempre hay algo que aprender y aplicar en sus clases y que el ir a esos cursos los hace sentir más capacitados, pero también se sienten motivados a seguir aprendiendo, lo que influye de forma positiva tanto en su desarrollo profesional ya que continúan preparándose y aprendiendo como a sus identidades al identificarse como mejores maestros.

La naturaleza de convertirse en un profesor de matemáticas implica un proceso de identidad, que puede incluir un cambio de esta y modificarse de acuerdo a la situación (Bjuland, Cestari y Borguesen, 2012), Este cambio, es el reportado por aquellos profesores egresados de carreras no relacionadas con la docencia, en el cual ya no se identifican como contadores, ingenieros o matemáticos por ejemplo, si no que su identidad se ha modificado y al día de hoy se reconocen como profesores. Si bien, en varios casos su primer carrera no la olvidan, tienen presente su formación inicial y aprovechan los recursos que esta les aporta, al día de hoy se identifican como profesores de matemáticas de secundaria, lo que apunta a un cambio de identidad con respecto a su formación inicial, correspondiendo con lo mencionado anteriormente.

Discusión y conclusiones

Dentro de los resultados preliminares ha sido posible identificar cómo la formación de los docentes influye no solo en la construcción de su identidad docente sino también en las decisiones que toman con respecto a su práctica y desarrollo profesional, lo que impacta de forma directa con los procesos de aprendizaje y enseñanza de sus alumnos.

Hemos compartido en este escrito cómo los profesores de matemáticas de secundaria construyen su identidad docente y cómo esta se ve influenciada por las formaciones de los docentes que pueden provenir tanto de carreras relacionadas con la docencia como diferentes a esta área.

Ha sido posible observar también que los docentes que provienen de formaciones no relacionadas con la docencia, al inicio de su servicio como profesores,

precisan la necesidad de tomar algún curso, taller, grado relacionado con el área docente, ya que se identifican como "no profesores" por adolecer de conocimientos didácticos pedagógicos. Esta auto concepción, posteriormente se modifica como resultado de la formación continúa y experiencia frente al aula, por lo que después de un tiempo, estos docentes se identifican ya como maestros.

También los profesores participantes han experimentado otros cambios en sus identidades, consecuencia también de su formación que han propiciado la apertura a nuevas experiencias y formas de enseñanza dentro de sus aulas, modificando su práctica docente en favor de sus alumnos, impactando no solo a su persona, sino a quienes les enseñan.

Asimismo, los cambios positivos en las identidades de los profesores de matemáticas de secundaria son una consecuencia de procesos de formación, lo que podría ser un indicador que guiara futuras propuestas curriculares para cubrir las necesidades propias de este segmento docente.

Si bien, dentro de este estudio hemos obtenidos resultados que pueden constatar ciertas características propias de la identidad docente mencionada en la literatura existente, también se identificaron aspectos que pueden caracterizar de forma particular a este segmento particular de profesores con respecto a la comunidad escolar. De esta forma la caracterización de la identidad docente de los profesores de matemáticas de secundaria, que se realiza, permitirá aportar al desarrollo profesional de los docentes y hacer propuestas de innovaciones en el ámbito curricular, que se basen en las características y necesidades propias de ellos. Además de contribuir al acervo bibliográfico relacionado con el tema, el cual al día de hoy es escaso.

Referencias bibliográficas

Aydeniz, M., Hodge, L.L. (2011). Is it dichotomy or tension: I am a scientist. No, wait! I am a teacher!. *Cultural Studies of Science Education*, *6*(1), 165-179. doi:10.1007/s11422-009-9246-x

Beauchamp, C. & Thomas, L. (2011). New teachers' identity shifts at the boundary of teacher education and initial practice. *International Journal of Educational Research, 50*(1), 6-13.

Beijaard, D., Meijeir, P.C., Verloop, N. (2004). Reconsidering research on teachers' professional identity. *Teaching and Teacher Education, 20*(2), 107-128. doi:10.1016/j.tate.2003.07.001

Bjuland, R., Cestari, M.L. & Borgersen, H.E. (2012). Professional mathematics teacher identity: analysis of reflective narratives from discourses and activities. *Journal of Mathematics Teacher Education, 15***,** 405–424.

Gajardo, K (2019). Estado del arte sobre identidad docente: investigación de experiencias de profesores en formación y en ejercicio. IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH, 10(18),79-93. doi:10.33010/ie_rie_rediech.v10i18.217

Lutovac, S. & Kaasila, R. (2018). Future Directions in Research on Mathematics – Related Teacher Identity. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(4), 759-776. doi:10.1007/s10763-017-9796-4

Medrano, V., y Ramos, E. (2019). *La formación inicial de los docentes de educación básica en México. Educación normal. Universidad Pedagógica Nacional. Otras instituciones de educación superior.* INEE.

Navarrete, Z. (2013). Formación e identidad. En P. Ducoing y B. Fortoul (coords.), *Procesos de formación, 2002-2011*: Vol. I. (pp. 309-364). Consejo Mexicano de Investigación Educativa.

Ponte, J. P., & Chapman, O. (2008). Preservice mathematics teachers' knowledge and development. En L. English, M. B., Bussi, G. A., Jones, R. A. Lesh, B., Sriraman, & Tirosh, D.

(Eds.), *Handbook of international research in mathematics education.* Routledge.

Rivera, A., Alfageme-González, M. (2019). Formación de docentes en servicio de Educación Secundaria en México. *Revista Educación*, *43*(1), 1-18. doi:10.15517/revedu.v43i1.28446

Rosas, L. (2000). La formación de maestros, un problema planteado. *Sinéctica. Revista electrónica de Educación*, (17), 3-13.

Sfard, A. & Prusak, A. (2005). Telling Identities: In Search of an Analytic Tool for Investigating Learning as a Culturally Shaped Activity. *Educational Researcher, 34*(4), 14-22. doi:10.3102/0013189X034004014

Vezub, L. (2007). La formación y el desarrollo profesional docente frente a los nuevos desafíos de la escolaridad. Profesorado. *Revista de Currículum y formación del profesorado*, *11*(1), 1-25.

Símbolos de mitología griega en Blood, Sweat and Tears

Autor: Alejandra Guadalupe García Rivera
Universidad Autónoma de Querétaro.
agarcia138@alumnos.uaq.mx

Asesor: Rosario Barba González
Universidad Autónoma de Querétaro.
rosario.barba@uaq.mx

Resumen

En este artículo se identifican los símbolos de la mitología griega implementados dentro del videoclip musical Blood, Sweat and Tears, de BTS con la finalidad de comprender el uso de simbología y referentes globales como argumentos narrativos en la industria musical del Kpop. A partir de la bibliografía del tema que se describe en el texto, se ha elegido un análisis desde la semiótica estructural que permite observar los símbolos con referencia al contexto intertextual en el que se desarrolla. Al final, se describen los símbolos observados en el vestuario, escenarios y en la historia, así como su interpretación anclada al mito griego de Ícaro.

Palabras clave: Video musical, Kpop, mitología griega, narrativa, semiótica estructural.

Abstract

This article identifies the symbols of Greek mythology implemented within the music video clip Blood, Sweat and Tears, by BTS in order to understand the use of symbols and global references as narrative arguments in the Kpop music industry. Based on the bibliography of the subject that is described in the text, an analysis has been chosen from structural semiotics that allows observing the symbols with reference to the intertextual context in which it takes place. At the end, the symbols observed in the costumes, settings and in the story are described, as well as their interpretation anchored to the Greek myth of Icarus.

Key words: Music video, Kpop, Greek mythology, narrative, structural semiotics.

Introducción

El videoclip se valora como un discurso audiovisual teniendo el sentido denotativo tanto como connotativo a través de su estética y del lenguaje visual. El videoclip se analiza dentro del proceso de comunicación como un mensaje audiovisual compuesto de códigos cuya intención es relacionar al receptor y emisor a partir de un mensaje que tiene como finalidad el seducir. (Rodríguez, 2016)

La narración dentro del videoclip se encuentra articulada a los propósitos comerciales que este producto audiovisual tiene, el cual es llamar y captar la atención del público. Una de las características que distinguen el complejo proceso narrativo de los videoclips es el tiempo que debe presentar música, imágenes y letra, de forma simultánea de manera que el espectador pueda integrarlos en una propuesta narrativa coherente y cohesiva. A pesar de su dificultad, el espectador cuenta, idealmente con la experiencia para realizar esta interpretación, aún en las imágenes aparentemente desordenadas que se presentan en el género audiovisual.

El videoclip se puede dividir en tres tipos, según su mayor o menor interés por el desarrollo narrativo:

Narrativo: Puede distinguirse un desarrollo narrativo, a veces el cantante es el protagonista mientras canta o baila. Descriptivo: No tiene programa narrativo dentro de la secuencia de imágenes, su discurso visual está basado en la seducción. Descriptivo narrativo: Mezcla los dos anteriores, suele tener un nivel de historia con narración y otro que representa al cantante o grupo en actuación. (Sedeño, A. 2007)

La clasificación anterior se complementa con la siguiente, la cual posee una terminología más habitual: Dramático o narrativo: Secuencia de eventos donde se

narra una historia bajo la estructura dramática clásica. Musical o performance: Presentación del grupo musical en concierto o estudio, o una ilustración estética de la melodía. Conceptual: No cuentan una historia de manera lineal, crean un ambiente o estética de forma abstracta o surrealista. Mixto: Combina algunas de las clasificaciones anteriores. (Sedeño, A. 2007)

Según las clasificaciones anteriores se puede ubicar al videoclip *Blood, sweat & tears* de la agrupación BTS dentro de la categoría descriptivo narrativo, debido al hecho de que durante partes del videoclip se ve a los integrantes del grupo actuando dentro de la narración de una historia, mientras que en otras escenas se presenta a los siete miembros realizando la coreografía de la canción.

Dentro del marco de la música popular, lo importante es la red de textos e interacciones que emergen de una canción determinada, más que la canción en sí misma (Buil, 2015). En torno a un videoclip se construye un texto más amplio que se forma con la historia del artista como personaje, que interviene en intertextos de entrevistas, otras canciones, otros álbumes, apariciones en publicidad y, cada vez más, las redes sociales. Por medio de los vínculos establecidos entre la música y el videoclip dentro de un marco audiovisual propio se puede llegar a entender la propuesta de significados integral. Para poder realizar el análisis de un videoclip es necesario considerar que causas lo originaron, es decir, los vínculos que posee tanto con los medios de difusión como la industria musical en sí.

Durante 2005, la industria musical de Corea del sur se ubicó en el lugar número 29 en el ranking mundial. Hacia 2018 pasó a estar en el puesto número 6, según registros de la Federación Internacional de la Industria Fonográfica (2019).

El género musical Kpop comienza a convertirse en un fenómeno mundial cuando en 2011 las agencias de *management* toman la decisión de realizar tours fuera del continente asiático. Otro hecho que marcó un hito es cuando en 2012 el video musical *Gangnam Style* del cantante *Psy* se convirtió en el primer video dentro de YouTube en llegar a 1.000 millones de vistas. Tan solo cinco años después, la industria del Kpop registró ventas de 4.700 millones de dólares, y durante el 2019 los ingresos por *streaming* de la música coreana crecieron 47%. (La República, 2019)

El Kpop comienza a establecerse durante la década de los 60, pero es hasta mediados de los 90 que comienzan a incorporar coreografías sincronizadas y videos musicales con mayor producción. Uno de los elementos que logro que la música coreana se posicionará a un alto nivel dentro de Asia es que las empresas de entretenimiento se centraron en la producción musical y la danza, se crearon pequeños emporios entre empresas donde se formaba a jóvenes para introducirse en el mercado, lo cual sigue manteniéndose hasta el día de hoy, llevándolos al éxito. (Blanco, S. 2019)

Dentro de estas agrupaciones ha destacado a nivel internacional la banda BTS. Hasta el día 13 de agosto de 2021 se registraron dentro de la plataforma YouTube un total de 511,138,055 vistas para el videoclip *Butter* de la agrupación musical BTS, mientras que para él video musical *Permission to dance* de la misma agrupación se tienen 255,261,552 de vistas. Esto los ubica como los videoclips del género más vistos hasta el momento. Este mismo grupo vendió un total de 4,265,617 copias de su álbum *Map of the soul: 7* durante la primera mitad del año 2020, colocándose como el más vendido de Corea durante ese periodo. (La República, 2021)

BTS es un grupo formado por siete jóvenes, el cual debutó en el año 2013 bajo el sello discográfico de Big Hit Entertainment, actualmente Big Hit Music. La agrupación es el primero dentro del género Kpop en liderar la lista Hot 100 de Billboard con su sencillo *Dynamite* (2020). (Redacción Depor MX, 2021)

Llama la atención la persistencia de la mitología griega en la fundamentación temática de muchos videos de Kpop. Como muestra, el sitio web de *Greek Reporter* dentro de su reciente artículo *Korean Boyband BTS Inspired by Iconic Ancient Greek Mythology* de Kissel (2021), hablan acerca de cómo grupos de Kpop han

tomado de inspiración para la creación de sus canciones, conceptos e imágenes promocionales a los mitos griegos, dando de ejemplo al grupo BTS. En este artículo se explican las referencias utilizadas por el grupo y que corresponden a los mitos de La caja de Pandora, Ícaro y Dionisio, en los temas *Fake love*, *Blood, sweat & tears* y *Dionysus* correspondientemente.

Si se habla de la mitología griega se tiene que esta surge a partir de sus principales dioses, quienes son *Zeus, Hera, Poseidón, Hades, Apolo, Artemisa, Deméter, Dionisio, Anfitrite, Hefaistos, Atenea, Afrodita* y *Ares*; quienes forman parte de los Dioses mayores, a partir de ellos es que surgen el resto de dioses y mitos, no se tiene que dejar de lado que los mitos surgen a partir de que el ser humano busca una explicación para los eventos que no entiende.

> La mitología griega está constituida por una serie de relatos cuyo origen se remonta a una época previa a la ocupación de la península griega. Posee cierta semejanza con otras mitologías que tienen origen indoeuropeo. Los relatos no son en sí mismos religiosos, pero sí reflejan muy bien ciertas creencias de los griegos de la antigüedad con relación al hombre y el universo. (Marino, A. 2019)

Existen diversas teorías relacionadas con el origen de los mitos y leyendas griegas. Algunas versiones sostienen que los hechos relatados han sido tomados de sucesos reales que, al irse narrando oralmente, iban siendo vinculados cada vez más con lo divino. Otros opinan que solo se trataban de interpretaciones de mitos religiosos sagrados o de complicadas alegorías sobre un simple culto. (Marino, A, 2019)

La mitología se aprovecha en la temática de diferentes formas en la escenografía, vestuario y coreografía, también todo el proceso de post producción, donde se realizan las correcciones de color y efectos especiales, junto con la pre producción donde se decide el concepto y línea narrativa que se seguirá a lo largo de la realización del proyecto; esto se percibe en el uso de bustos, esculturas, pinturas y columnas griegas que forman parte de las escenografías, en vestuarios inspirados en las togas que se utilizaban en la época antigua griega e inclusive en el nombramiento de los álbumes y canciones tanto de grupos como de solistas, tómese de ejemplo la trilogía del grupo VIXX donde cada sencillo fue nombrado según un dios griego: *Zelos, Hades y Kratos* (2016). En otro ejemplo tenemos al grupo SF9 que en su video musical para la canción *Enough* (2019) utilizan espejos en más de una ocasión en una canción que habla sobre el amor propio, haciendo de este modo referencia al mito de Narciso, donde el protagonista no puede dejar de admirar su reflejo en un cuerpo de agua.

Con esto, la hipótesis que sostiene a este trabajo es que dentro de la industria musical de Corea del Sur se utilizan elementos occidentales para de este modo ampliar el alcance del mercado a uno de nivel internacional. Uno de estos recursos es el uso de representaciones de los mitos griegos, los cuales pertenecen a una de las civilizaciones antiguas más conocidas y representadas dentro de la industria del entretenimiento, lo que los convierte en referentes fáciles de interpretar por el público general.

De tal manera que el objetivo de este trabajo fue analizar el uso de referencias a la mitología griega en una muestra de un videoclip musical del género Kpop conformada por *Blood, Sweat & Tears*, perteneciente a la agrupación BTS a partir de la semiótica para comprender cómo participan estas referencias dentro de la construcción del mensaje en este videoclip.

Metodología

El proceso de análisis bajo la semiótica estructural comienza con el proceso de investigar a los grupos más populares hasta el momento dentro del ámbito musical del género K-pop, llegando a la conclusión de que el grupo masculino BTS forma parte de esta selección, para llegar a ello se tomaron en cuenta el número de vistas de sus últimos videoclips y el número de álbumes vendidos.

Se realizó una observación para seleccionar los o el videoclip de la banda BTS que tuviera la mayor canti-

dad de referencias a la mitología griega, comparando las diferentes opciones a las que se llegaron se tomó como muestra el video musical para el tema *Blood Sweat & Tears,* el cual forma parte del álbum musical *Wings* (2016). El sustento de esta elección se basa, además, en el artículo de Kissel (2021).

Se eligió este video como muestra particularmente distintiva del uso de la mitología griega como referente en la construcción narrativa de videos musicales de grupos coreanos. Se trata de uno de los videos más recurrentes en la discusión de este tipo, en donde más uso parece hacerse de estos referentes.

Como antecedentes del análisis de símbolos en el desarrollo narrativo de los videoclips se encontraron *El poder del reggaetón. Análisis crítico del video Banana Papaya* de Rivera (2020). El texto emplea la perspectiva semiótica de Pierce para observar las cualidades de un mensaje el cual para ser entendido lo une el conocimiento previo que se tiene sobre el tema; esto es necesario para codificar el mensaje o símbolo al obligar al individuo a afirmar el significado o referencia previa más parecida. El fundamento de su aproximación es de corte hermenéutico,que se basa en interpretar metáforas y estructuras sobre la sexualidad que se muestran en el video.

En *Semiótica del vídeo musical "Tusuy Kusun" como análisis de cultura y comunicación* de Romero, Chilcón y Espíritu (2021) se utiliza el método analítico para la recaudación de conceptos básicos extraídos del video musical, la semiótica (Eco, 1975 y Crow, 2008) y la semiótica musical (Gonzáles, 2015), también, a través del método inductivo (Hernández Sampieri, 2006) detallan la importancia del discurso social y la percepción visual. Estudian directamente el recurso audiovisual, el video musical Tusuy Kusun de la cantautora Damaris y llegan a un grupo de conclusiones donde la primera es que el videoclip desglosa información con la cultura y comunicación, teniendo conceptos vinculados entre sí al tener una construcción semiótica musical de un video musical peruano en la lengua quechua.
Sin embargo, se siguió la metodología descrita en el *El toro por los cuernos. Símbolos de lo español en un videoclip de Rosalía* (Aranzubia y Limón, 2021). En este trabajo se plantea que "los creadores de los videoclips que afrontan la difícil tarea de narrar una historia en apenas tres minutos se ven obligados a recurrir de manera frecuente a soluciones estereotipadas, clichés y arquetipos para construir sus relatos." (Aranzubia y Limón, 2021, p. 2). El espectador y todo aquel que se dé a la tarea de analizar un videoclip tiene presente no solo lo que transcurre en ese momento frente a sus ojos, también piensa en el contexto que lo rodea, en este caso al artista, y los trabajos anteriores del cantante o grupo. Pero es importante el lograr que el contexto previo no opaque al nuevo, para lograr un mayor nivel de comprensión. También dentro de este texto se explica la utilización de símbolos pertenecientes a la cultura española dentro del video musical y el posible significado que estos podrían tener al comparar tomas extraídas del videoclip no solo con la letra de la canción, también con palabras y conocimientos cotidianos dentro del colectivo español, haciendo uso de la semiótica estructural.

La semiótica estructural exige el contexto en el que se sitúa el video, que se describe como parte de una historia más amplia que cuenta el grupo BTS, en sus videos previos y en su construcción del personaje para sus audiencias.

En este sentido se observa que la pieza audiovisual de *Blood Sweat & Tears* forma parte de narrativas mediáticas más amplias. De manera directa, el videoclip forma parte de una serialización de videos de la banda BTS en la que se construye el relato de la banda en un contexto más amplio. La serialización se ejecuta mediante el empleo de escenas cortas del vídeo siguiente. Más allá, el videoclip se inserta en una discusión que lo rodea de actuaciones, conciertos, entrevistas, chismes de farándula, apariciones y, para el caso del Kpop, una relación muy particular con sus audiencias y la respuesta de estas en forma de *armys*. Estas conversaciones constituyen el conjunto del personaje del artista pop.

A partir de ello se han identificado los elementos que de manera individual como en conjunto representan

a los mitos griegos, enfocándose principalmente en el mito de Ícaro. Se analizaron por separado diferentes criterios (ubicación, vestuario, escenografía, personajes, letra, etc.) de los cuales se extrajeron los elementos que hacen una referencia a la cultura o mitología griega. Estas cualidades fueron interpuestas frente al mito para destacar sus alusiones simbólicas.

Las referencias deícticas constituyen el mapa de relaciones del texto con "el exterior", es decir, con los sujetos, objetos, tiempos y espacios de la enunciación. (Universidad de Murcia, 2017) Esto es perceptible en los elementos que conforman las escenografías, coreografías y vestuarios dentro del videoclip, estos son elementos que a simple vista el espectador puede lograr identificar como parte de lo que se intenta representar en el videoclip y las referencias hacia la mitología griega utilizadas.

Por otro lado, las referencias anafóricas constituyen el "mapa interior" del texto, es decir, las referencias internas existentes entre los sujetos, objetos, tiempos y espacios en el texto (Universidad de Murcia, 2017).

En el caso del Videoclip encontramos este elemento dentro de las interacciones que tienen los personajes entre sí y las acciones que realizan dentro de las diferentes escenas, las cuales hacen referencias hacia el mito griego de Ícaro.

Ya que se extrajeron estos elementos se comparó al mito de Ícaro con la letra de la canción y las acciones que cada personaje realiza dentro del videoclip, tomando en cuenta la coreografía y las escenas individuales y grupales en las que los integrantes de la agrupación interpretan su parte de la letra.

Resultados

Con base en la semiótica estructural descrita, se han integrado descripciones y referentes que permiten vincular los símbolos mitológicos griegos con su presencia en el video *Blood, Sweat and Tears*.
En el videoclip musical se tienen como ubicaciones al museo de arte, el cual aparece al inicio del vídeo, habitaciones de lo que parece ser una mansión estilo renacentista, un balcón, jardín y una habitación donde parte del piso está hecho de cristal, entre otras. Dentro de la mayoría de las habitaciones se encuentran decoraciones como pinturas y estatuas griegas.

Dentro de la selección de colores que se utiliza dentro del videoclip predominan las paletas de colores frías y claras; generalmente se tienen colores más cálidos cuando los siete integrantes se encuentran en escena. Una de las escenas cambia por completo su paleta de color pasando a ser dúo tonal, en rojo y negro, es en esta parte donde vemos a "Jin" de espaldas sosteniendo un globo de helio para después dejarlo ir.

Para la fotografía se tienen imágenes donde generalmente los personajes se encuentran colocados en el centro de la escena (cuando se trata de uno solo), centrándose por completo en este. En las partes donde los personajes realizan la coreografía se enfoca en mayor medida a la persona que se encuentra cantando en ese momento.

La narración de la historia comienza con los siete chicos entrando a lo que parece ser un museo, para después dividirse en escenas donde la mayoría del tiempo se tiene a un solo personaje por toma. Durante el resto del videoclip se muestra a los siete integrantes bailando en el centro de una habitación. Una de las características que posee este videoclip es el hecho de que se encuentra ligado a videos previos por medio de imágenes compartidas y escenas que hacen referencia a estos otros videoclips, lo que al final de cuentas nos da un contexto más amplio sobre la historia dentro del videoclip principal.

Se tienen a siete personajes según los elementos integrantes de la agrupación. Cada uno desempeña diferentes acciones a lo largo del videoclip:

- Taehyung. Se muestra como un velo es retirado de él, se lanza desde un balcón hacia el vacío. La interpretación apunta a Ícaro al lanzarse desde el balcón frente a la pintura *Paisaje con la caída de Ícaro*.

- Jin. Permanece mirando la pintura *La caída de los* ángeles rebeldes y está a la cabeza durante la escena en la mesa, lo primero puede interpretarse como el detonante para que se percate de lo que está sucediendo a su alrededor, de cómo están cayendo a su perdición, por otro lado, el hecho de que se encuentre a la cabeza dentro de la escena de la mesa implica que él es el líder del grupo o quien mayor autoridad tiene.
- Jungkook. Está la mayor parte del tiempo colgando de espaldas sobre un columpio. Representa a Ícaro al estar colgando de espaldas al suelo, justo frente a una pintura del mito
- Suga. Aparece principalmente dentro de una habitación color azul, sentado sobre una silla mientras que es rodeado por humo. Puede entenderse como una representación del vuelo en el cielo.
- Jimin. Le es colocada una venda alrededor de los ojos para después volverá aparecer en escena mientras tira de la venda cuyo otro extremo se encuentra atado a una puerta, esto puede interpretarse como que tomó la decisión de luchar por dejar de ver lo que le provoca daño, pero aun así desea hacerlo.
- RM. Durante su aparición parece estar bebiendo "veneno" de una copa, para más tarde aparecer desplomado sobre un diván. Decide por su propia voluntad consumir el veneno, aunque este termine por matarlo. Su acción está más relacionada con la letra de la canción, aunque se integra al destino fatal del mito.
- J-Hope. Durante sus escenas, maneja un arco y flecha, con el cual apunta y dispara a lo que aparenta ser una fotografía de Taehyung. Se interpreta aquí como Eros, lanzando su flecha hacia Taehyun.

Dentro del vestuario que los personajes utilizan se ve que todos, con excepción de Taehyun, utilizan camisas de vestir con estampados o aplicaciones coloridas, predomina el uso de pantalones en tonos azules y negro, contrastando con la parte superior. Quien rompe con la línea de vestuario es Taehyung al utilizar pantalones rojos pescador holgados y lo que aparenta ser una bata. En la escenografía se tienen pinturas, estatuas y columnas griegas de estilo renacentista, que es el estilo que predomina en todo el video musical. Dentro de estas piezas de arte se encuentran: *El lamento* por Ícaro de Herbert James Draper, *Paisaje con la caída de Ícaro*, *Perseo con la cabeza de Medusa* de Benvenuto Cellini, *La caída de los ángeles rebeldes* de Pieter Brueghel el Viejo y *Pietá* de Miguel Angel.

En el lenguaje audiovisual (cinematográfico o televisivo), el tiempo natural o real se fragmenta por medio del montaje o edición de la imagen. Es decir, que el tiempo queda roto por la narración audiovisual (González, R. 2015). A lo largo del videoclip se tienen una serie de escenas interconectadas, las cuales suceden en orden conceptual. dando saltos temporales.

Dentro del videoclip, por las expresiones y la forma en que se mueven/actúan, los personajes dan a entender que el conflicto es más de carácter interno que con el resto.

La idea de coreografía se emplea para nombrar al arte de crear bailes. El concepto también se utiliza para nombrar a la sucesión de figuras y de pasos que se desarrollan en el marco de un baile (Pérez, J y Merino, M. 2019). En el caso del Kpop, la coreografía forma parte fundamental de la narrativa de los videoclips. En el caso de *Blood Sweat & Tears* la coreografía recrea el arte y se encuentra principalmente asociada a la letra de la canción. Por ejemplo, los movimientos de los intérpretes se refieren al hecho de brindar y beber en el fragmento que se menciona al whiskey y beberlo.

La letra habla de la entrega completa a un ser que aparenta ser "bueno" en el exterior, pero que termina siendo un "veneno" para los chicos. Se encuentran tan "entumecidos" que no son capaces de alejarse:

Mi sangre sudor y lágrimas
Mi último baile también, solo tómalos
Toda mi sangre, sudor, lágrimas
y mi cuerpo, mente, alma
sé que son todos tuyos
Este es un hechizo que me va a castigar

Discusión y conclusiones

El mito se ve claramente reflejado en el personaje Jungkook al este colgar de espaldas sobre un columpio, dando la apariencia de estar cayendo, además de que en una de las escenas se encuentra rodeado de plumas blancas que caen.

Otra forma en que es representado el mito es con el personaje Taehyung, ya que en una de las escenas un velo es levantado, dejando ver su figura y como es que en su espalda muestra heridas sobre los omóplatos, como si un par de alas le hubieran sido arrancadas, también este personaje se arroja desde un balcón hasta el vacío con una expresión de diversión en su rostro. Es este mismo personaje quien hace que Jin vea un par de alas negras en la espalda de la estatua principal en el aparente museo, esta estatua pasa a resquebrajarse al final del videoclip.

Los personajes se encuentran tan hipnotizados por ese ser que los consume, que son incapaces de alejarse, llegando al punto en que son capaces de morir por el "veneno" de ese ser; como Ícaro quien según el mito fue incapaz de alejarse del sol, cayendo a su propio fin.

Además de lo anterior se puede llegar a la conclusión de que los grupos musicales hacen uso de las historias ya escritas y conocidas, en este caso el mito de Ícaro y otras mitologías griegas, para dar a entender de una mejor manera el mensaje que se quiere transmitir en la canción sin que elementos como las diferencias de idioma interfieran en la transmisión del mensaje.

Referencias bibliográficas

Arango, T. (18 de febrero de 2019). El modelo económico del K-pop, la industria cultural que se toma el mundo. La República. Recuperado de https://www.larepublica.co/ocio/el-modelo-economico-detras-del-k-pop-2828863

Aranzubia, A., & Limón, N. (2021). El toro por los cuernos. Símbolos de lo español en un videoclip de Rosalía. Universidad Carlos III de Madrid, España.

Blanco, S. (2019). El Kpop, género, industria y movimiento. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires.

Buil, P. (2015). Intertextualidad a través del videoclip. Universidad Complutense de Madrid, España.

Chilcón, E., & Espíritu, S. (2020). Semiótica del vídeo musical "Tusuy Kusun" como análisis de cultura y comunicación. Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, Trujillo, Perú.

Choi, Y. (Director). (2016). Blood Sweat & Tears [You Tube]. De https://www.youtube.com/watch?v=hmE9f-TEutc

Cultura Asiática LR. (13 de agosto de 2021). Día Mundial del K-pop: los MV más vistos en YouTube en lo que va del 2021. La República. Recuperado de https://larepublica.pe/cultura-asiatica/2021/08/13/dia-mundial-del-kpop-los-mv-mas-vistos-en-youtube-en-lo-que-va-el-2021/

Espectáculos LR. (10 de julio de 2020). Ranking K-pop: 20 álbumes más vendidos en lo que va el 2020. La República. Recuperado de https://larepublica.pe/cultura-asiatica/2020/07/10/gaon-chart-ranking-kpop-venta-albumes-fisicos-2020-bts-nct-127-seventeen-super-junior-video/

González, R. (24 de junio de 2015). El tiempo en el cine: la elipsis y el ritmo Recuperado de https://www.cpaonline.es/blog/cine-y-tv/el-tiempo-en-el-cine-la-elipsis-y-el-ritmo/

Kissel, T. (10 de julio de 2021). Korean Boyband BTS Inspired by Iconic Ancient Greek Mythology. Greek Reporter. Recuperado de https://greekreporter.com/2021/07/10/bts-moments-inspired-iconic-ancient-greek-mythology/

Marino, A. (30 de enero de 2019). Mitología griega. Historiando. La historia mundial frente a ti. Recuperado de https://www.historiando.org/mitologia-griega/

Pérez, J y Merino, M. (2019). Definición.de. Definición de coreografía. Recuperado de https://definicion.de/coreografia/

Redacción Depor MX (9 de agosto de 2021). Depor. El líder de "BTS" y su sorprendente coeficiente intelectual. Recuperado de https://depor.com/mexico/fama/enterate-quien-es-el-lider-de-bts-y-cual-es-su-sorprendente-coeficiente-intelectual-fotos-instagram-rm-k-pop-celebs-nnda-nnlt-noticia/

Rodríguez, J. (2016). Audiovisual y semiótica: el videoclip como texto. Universidad de Huelva, España.

Rivera, L. (2020). El poder del reggaetón. Análisis crítico del video Banana Papaya, en la perspectiva semiótica. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá.

Sedeño, A. (2007). Narración y Descripción en el Videoclip Musical. Razón y Palabra. Universidad de los Hemisferios Quito, Ecuador.

Universidad de Murcia. (2017). Las bases del análisis semiótico estructural del texto: modalizaciones y estructuras actanciales Recuperado de https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/19970/las-bases-del-analisis-semiotico-estructural-del-texto-modalizaciones-y-estructuras-actanciales

LA NATURALEZA COMO SUJETO DE DERECHO

EN BUSCA DEL RECONOCIMIENTO DE LOS DERECHOS DE LA TIERRA

AUTORÍA

Autor: Christopher Gutiérrez Ramírez, egresado de la Facultad de Derecho, Universidad Autónoma de Querétaro. (christopher_gut@hotmail.com)

Asesora: Dra. Izarelly Rosillo Pantoja, docente de tiempo completo de Facultad de Derecho, Universidad Autónoma de Querétaro. (izarellyrosillo@gmail.com)

RESUMEN

La responsabilidad moral y ética de la humanidad por preservar nuestro entorno trasciende más allá de los intereses por asegurar nuestra propia existencia. La relación innata de los derechos humanos y de los derechos de la naturaleza nos permite concebirnos como parte de lo mismo. La relevancia jurídica en el reconocimiento de los derechos de la naturaleza permite acercarnos a la justicia social de todos los derechos humanos. Además, permite la protección de un sector de la sociedad que no puede reclamar directamente su subsistencia y derecho a la vida; el ambiente ha estado segregado en lo más profundo de la sociedad por muchos años, y aunque aprovechamos su existencia, no tiene el lugar de respeto que le corresponde.

En este sentido, el desarrollo histórico de los derechos humanos y el derecho internacional comparado servirán de apoyo al estudiar las teorías del reconocimiento, del derecho a un medio ambiente sano, de las capacidades, y de la naturaleza como sujeto de derechos en la creación de propuestas de reformas constitucionales, modificación de leyes, incentivo de políticas públicas ambientales y en el fortalecimiento del derecho a un medio ambiente sano y la cultura ambiental.

Finalmente, el paradigma biocéntrico, es la base fundamental para realizar acciones de peso en el fortalecimiento de los derechos ambientales. Las políticas públicas, los ajustes legislativos y los criterios jurisdiccionales referidos, deben adecuarse bajo este paradigma para que la protección de los derechos sea efectiva y exista una mejora en el bienestar social.

PALABRAS CLAVE

Naturaleza, Derechos, Equilibrio Ambiental, Armonía

ABSTRAC

The moral and ethic responsibility of humanity to preserve our environment transcends beyond the interests of ensuring our own existence. The innate relationship of human rights and nature rights allows us to conceive ourselves as part of the same origin. The legal relevance in the recognition of nature rights allows us to approach the social justice of all human rights. Also, allows the protection of a social group that can't claim directly its subsistence and the right to life; the environment has been segregated in the depth of society for many years, and even though we take advantage of its existence, it doesn't have the respect that deserves.

In this regard, the historical development of human rights and international and comparative law will serve as support when studying the theories of recognition, the theory of the right to a healthy environment, the theory of legal capacity and the theory of the environment as a legal entity in the creation of constitutional reform proposals, legal modifications, the incentive of environmental public policies and strengthening the right of a healthy environment and an environmental culture.

Finally, biocentrism paradigm theory, is the fundamental basis to carry out weighty actions in the strengthening of environmental rights. Public policies, legislative adjustments and jurisdictional criteria already referred, must be adapted under this paradigm so the protection of rights is effective and an improve of social wellness exists.

KEY WORDS

Nature, Rights, Environmental Balance, Harmony

INTRODUCCIÓN

La naturaleza es un regalo, sabemos de la existencia de millones de cuerpos celestes en el universo, pero solamente en uno hemos descubierto vida. Somos hijos de la tierra y nuestra madre nos dio hermanos; el ser humano coexiste con otros organismos que son tan complejos como delicados. Actualmente, la sostenibilidad de la tierra corre peligro por nuestros estilos de vida, los modelos económicos y productivos, y, la falta de cultura ambiental. Por ello, es nuestra responsabilidad proteger y preservar el equilibrio ambiental de cada uno de sus integrantes, de lo contrario, el regalo de la vida podría desaparecer en nuestro planeta.

La presente investigación, tiene como propósito analizar los elementos que permitan garantizar el equilibrio ecológico ambiental, por medio del reconocimiento de los derechos de la tierra en referencia al marco jurídico mexicano; se pretende demostrar que los derechos de la tierra están directamente relacionados con los derechos humanos, lo cual, hace indispensable considerar a la naturaleza como sujeto de derechos como una transición evolutiva de nuestro sistema jurídico.

Por otro lado, se pretende analizar las bases teóricas que permitan fundamentar la creación de proyectos de reformas constitucionales, referentes a los derechos de la naturaleza; estableciendo los parámetros e instrumentos para la creación de políticas públicas ambientales, con indicadores en derechos humanos; priorizando, el desarrollo cultural y educativo ambiental en México.

De igual forma, se buscará marcar los parámetros necesarios que hagan considerar a la naturaleza como sujeto de derechos; comparando los elementos de los casos de éxito que permitieron reconocer los derechos de la naturaleza en Ecuador, Bolivia y Colombia. Además, se propondrán escenarios en los que la naturaleza sea considerada como sujeto de derechos en México. Por ello, se describen algunos de los aspectos más destacados de las cuestiones teóricas, sociales y jurídicas referentes a la relación entre el hombre y la naturaleza; con el fin de brindar la información y los conocimientos necesarios para implementar un estilo de vida en armonía con la naturaleza.

Tabla 1. Objetivos específicos de la investigación

OBJETIVO ESPECÍFICO	METODOS A EMPLEAR PARA SU LOGRO	TÉCNICAS	RESULTADO ESPERADO
Analizar la relación que tiene el ser humano con la naturaleza entorno al marco jurídico ambiental en México y a nivel internacional.	Deductivo, comparativo e histórico	Indirecta: Teoría, Doctrina, artículos científicos, jurisprudencia y documentos en general	Sistematizar la relación jurídica y social de la naturaleza con el ser humano.
Analizar las perspectivas ambientales que permitan a la naturaleza ser sujeto de derechos, dando a conocer la evolución normativa que impide el pleno ejercicio del derecho a un medio ambiente sano y el reconocimiento de los derechos de la naturaleza	Deductivo e histórico	Indirecta: Teoría, Doctrina, artículos científicos, jurisprudencia y documentos en general	Marcar los parámetros necesarios para considerar a la naturaleza como sujeto de derechos.
Comparar el estatus jurídico ambiental en México con los casos de éxito en países de América Latina, su evolución normativa, y los impactos ambientales-sociales que se suscitaron después del cambio de paradigma.	Deductivo y comparativo	Indirecta: Teoría, Doctrina, artículos científicos, jurisprudencia y documentos en general	Cotejar los elementos que permitieron considerar a la naturaleza como sujeto de derechos en Ecuador, Bolivia y Colombia.
Reflexionar las	Deductivo y	Indirecta:	Proponer

acciones necesarias para el establecimiento jurídico de la naturaleza como sujeto de derecho	comparativo	Teoría, Doctrina, artículos científicos, jurisprudencia y documentos en general Directas: Entrevistas con funcionarios públicos, líderes de movimientos sociales, académicos y estudiosos expertos en la materia.	escenarios en los que la naturaleza sea considerada como sujeto de derechos.

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA

Para la presente investigación se tuvo como base de análisis el método deductivo, apoyados por el histórico y el comparativo.

Tabla 2. Desarrollo metodológico

Método	Descripción
Deductivo	Es el proceso que argumenta desde lo general a lo particular. Se utiliza para estudiar las teorías del reconocimiento, del derecho a un medio ambiente sano, de las capacidades, entre otras que puedan incorporarse al marco teórico de la presente investigación.
Comparativo	La comparación como método implica estudiar un fenómeno que conforma parte de una red de otros fenómenos vinculados al mismo. Desde la perspectiva social-jurídica, se utilizará este método para abordar la perspectiva que otras naciones en el mundo han incorporado a sus sistemas jurídicos respecto a los derechos de la naturaleza.
Histórico	El método histórico implica una descripción de los hechos históricos jurídicamente relevantes en materia ambiental. Desde la perspectiva social-jurídica, se utilizara este método, analizando a la historia como fuente de derecho para la renovación de conceptos jurídicos y sociales

Fuente: Elaboración propia

La forma de trabajar se desarrolló de la siguiente manera:

1. Revisión bibliográfica (universidades, institutos de investigación, Cámara de Diputados, etc.)
2. Revisión hemerográfica
3. Entrevistas con Funcionarios Públicos
4. Entrevistas con líderes de movimientos sociales
5. Entrevistas con académicos y estudiosos expertos en la materia.

RESULTADOS

La falta de reconocimiento de los derechos de la tierra pone en riesgo el acceso efectivo de los derechos humanos, por ello es necesario que se reconozcan los derechos de la naturaleza como un complemento a la garantía y protección de los derechos humanos; de lo contrario, la vida en la tierra se verá comprometida, y, atenderemos una crisis ambiental y sanitaria irreversible. Por ello, la presente investigación podrá se parámetro en el fortalecimiento un nuevo paradigma jurídico, para establecer un marco jurídico que dé como resultado proyectos legislativos ambientales.

En este contexto, el reconocimiento de los derechos de la naturaleza es un reclamo ético y moral por cuidar nuestro entorno, pero también, implica una obligación de proteger y salvaguardar la dignidad de la biodiversidad. Por siglos el ser humano ha sido beneficiario de todo lo que la naturaleza ha provisto, esto nos ha permitido desarrollarnos y mejorar nuestra calidad de vida; esto, ha dado como resultado el reconocimiento intrínseco del vínculo que compartimos con la naturaleza.

El ser humano es un ente social por naturaleza; para que ello pueda ser viable se requiere de estándares mínimos que vigilen que su desarrollo y subsistencia

no se vea comprometida, en este sentido, desde que se relacionó como otro ser humano dio origen al derecho. En este orden de ideas, la evolución jurídica de dicha relación a cambiado hasta nuestros días; cabe señalar, que la "*formulación contemporánea de los derechos humanos se concretó con la construcción del sistema de las Naciones Unidas, a partir de 1945, y se formalizaron con su declaración universal en 1948*."[1]En consecuencia, hoy podemos definir a los derechos humanos como "*el conjunto de bienes indispensables que posibilitan la elección y materialización de los planes de vida que se proponen las personas; aquellos que, en esencia, nos permiten vivir con dignidad y desarrollarnos integralmente".*[2]

Por ejemplo, fue en la década de los años 60' cuando se extienden los primeros reclamos referentes al cuidado ambiental del derecho humano; estos reclamos éticos indujeron que en 1972 se abordara la primera conferencia mundial sobre medio ambiente en Estocolmo, donde se "vinculó directamente los derechos fundamentales de las personas, como libertad e igualdad, postulando que para ser posibles deben contar con una adecuada calidad ambiental, tanto en el presente como para las generaciones futuras"[3]. Es decir, se reconoció que los impactos en el ambiente tienen consecuencias directas en la calidad de vida de las personas y por tanto era necesario tomar medidas para su conservación.

De lo anterior, cabe señalar que la cooperación internacional ha permitido el desarrollo de los sistemas jurídicos como en países como Ecuador donde se buscó involucrar a los pueblos originarios en la toma de decisiones; adoptando la cosmovisión indígena del "sumak kawsay" o régimen del buen vivir en el que se requiere un contexto en el cual se goce efectivamente de los derechos, en un marco de interculturalidad y convivencia armónica con la naturaleza; también como Bolivia donde se abordó la cosmovisión indígena del "suma qamaña" recalcando el respeto a todos los habitantes de la tierra a través del bienes, la justicia social, equidad social, unidad, igualdad, inclusión, dignidad, armonía, equilibrio etc.; además de Colombia, donde se establece una cosmovisión indígena del "sumak kawsay" y se aborda el cambio de paradigma desde el poder judicial, en contrario a Ecuador y Bolivia que el desarrollo es a través del poder Legislativo y Ejecutivo. Asimismo, a nivel nacional es referente el caso de Guerrero al ser el primer estado en reconocer expresamente los derechos de la naturaleza, y el caso de Colima, pues son acciones a seguir en el sistema jurídico mexicano para desarrollar la ruta a seguir en el nuevo paradigma jurídico nacional. Estos casos de éxito marcan las consideraciones necesarias para adaptar, de acuerdo al contexto, al status de la naturaleza como sujeto de derechos donde la participación de la población se vuelve fundamental, y en especial la de los grupos vulnerables como las poblaciones indígenas del país.

Para Eduardo Gudynas, la concepción del concepto de derechos de la naturaleza aborda dos sentidos; el primero de ellos, hace referencia a las demandas y condiciones esenciales de las personas, en las cuales deben ser aseguradas en razón a la dignidad humana; por otro lado, también aborda cuestiones éticas desde la pluralidad de valores, resultando que este entendimiento sea más efectivo en la concepción de estándares mínimos de derechos humanos.[4] En este sentido, la legitimación de las condiciones morales han permitido la evolución de los derechos de la naturaleza como herramienta en la protección de los derechos humanos; por tanto, "*la mejor manera de formalizarlos es, por un lado, vincularlos directamente con los derechos fundamentales de las personas, y por otro lado, incluirlos dentro de las constituciones*."[5]

La evolución en la protección de los derechos humanos reclama la tutela y concepción de los derechos de la naturaleza en tanto fuente de los mismos; la dependencia entre ambas concepciones atiende a sus características esenciales: la dignidad y sus principios. Con lo que respecta a la primera es

[1] Gudynas, Eduardo (2014). "Derechos de la naturaleza", recuperado de http://gudynas.com/wp-content/uploads/GudynasDerechosNaturalezaLima14r.pdf

[2] Suprema Corte De Justicia De La Nación. (2021). "Los Derechos Humanos y la SCJN", recuperado de https://www.scjn.gob.mx/derechos-humanos/los-derechos-humanos-y-la-SCJN

[3] Gudynas, Eduardo, Op. Cit. p. 60

[4] Gudynas, Eduardo, Loc. Cit.

[5] Gudynas, Eduardo, Op. Cit. p. 61

atendiendo a su origen y finalidad; en este sentido, la forma de conseguirlo atiende a los principios rectores.

La universalidad de los derechos atiende a una perspectiva en la que todo ser merece ser considerado como sujeto de derechos en tanto poseen un valor en sí mismos; en este sentido, la interdependencia y la indivisibilidad se abordan como el vínculo que une la concepción de los derechos humano con los derechos de la naturaleza, es decir, la vulneración de alguno de los derechos de una de las partes afecta directa o indirectamente la calidad de vida de la otra parte; esto, genera una obligación de otorgar la misma importancia a todos los derechos. También, la progresividad de los derechos se refiere a gradual progreso de todos los derechos; es decir, tomar acción a corto, mediano y largo plazo para el cumplimiento de los derechos sin retroceder los niveles de cumplimiento alcanzados.

De lo anterior, se torna relevante señalar que el vínculo que nos une es el ambiente, tanto la naturaleza como el ser humano requieren de un equilibrio ecológico que fomente su desarrollo. Y, el reconocimiento de los derechos de la tierra es la principal fuente de acción para hacerle frente a las problemáticas ambientales, ya que ello deja de ser un deber y se convierte en una obligación. Aunado a ello, como se ha mencionado, atendiendo la problemática ambiental, directa o indirectamente se estará dando respuesta a diversas cuestionen que aquejan a los derechos humanos como lo son: la vida, el bienestar, la seguridad alimentaria, la salud, el saneamiento, el acceso al agua, la educación, o cualquier otro derecho fundamental.

Así, el uso se podrá dar a esta investigación, es aplicado al fortalecimiento del derecho a un medio ambiente sano y a los derechos de la naturaleza, un actuar social, político y jurídico que permitirá defender los derechos humanos, promover un desarrollo sostenible y preservar la vida y equilibrio ambiental.

Por lo anterior, los beneficiarios del proyecto podrán considerarse a:

- Legisladores: Reforma constitucional, creación y modificación de leyes ambientales
- Centros de investigación y docentes: Cambio de paradigma
- Sociedad: Incentivo de políticas públicas ambientales, cultura ambiental y fortalecimiento del derecho a un medio ambiente sano
- Activistas ambientales: cultura ambiental

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desde que se tiene conciencia de la razón, el ser humano ha intentado darle sentido a la realidad explicando su alrededor. En este sentido, entender la relación naturaleza-humanidad marca una ruta a seguir en la construcción de la naturaleza como sujeto de derechos. En un principio, la organización en la que se basó el ser humano tuvo un enfoque instintivo, en la cual, se buscaba la supervivencia de la especie, cierta comodidad y bienestar en un mundo caótico. Sin embargo, producto de ello, hoy la subsistencia del ser humano está en peligro junto con la demás de los seres vivos; derivado de la excesiva contaminación, degradación del ambiente, agotamiento de recursos naturales, desplazamientos climáticos, pandemias mundiales, etc.

Para hacerle frente a lo descrito anteriormente, la relación entre la naturaleza y la humanidad debe ser en base a la razón y el ser, es decir, sustituir el actual concepto ideológico por el cual el ser humano basa su organización, y, abordar como principio fundamental que tanto la naturaleza como el ser humano parten del mismo lugar y forman parte de un todo. Esto, permitiría reconocer los derechos de la tierra y, consecuentemente, dar respuesta a las problemáticas ambientales, entre otras, como la conservación de las especies, la protección efectiva de los ecosistemas, el desarrollo sostenible y la sustentabilidad en nuestra sociedad.

Este cambio de paradigma, exige diferentes formas de valoración ética y moral como forma de resolver el origen del problema. Ello, pondría en manifiesto categorías básicas como los derechos, la dignidad de

naturaleza o la coexistencia entre la humanidad con el ambiente como partes de un todo; y, en consecuencia, que estas concepciones teóricas se expandan a la normatividad y a las políticas públicas. En razón de lo anterior, como punto de partida se debe abordar el estudio del caso reconociendo que existe un problema en la concepción del paradigma actual, pues, éste, se enfoca en una perspectiva antropocéntrica en la que el ser humano se encuentra en el centro y se le da un valor de utilidad a la naturaleza; donde no tiene derechos propios, sino que estos únicamente residen en las personas.[6]

El Biocéntrismo, marca la ruta a seguir en la que el ambiente afronta valores inherentes a los seres vivos y se considera a los ecosistemas como no instrumentales a los fines del ser humano. En esta concepción, el ser humano no se encuentra en el centro de todo, sino es parte de las demás entidades de la naturaleza que conforma un todo; dando como resultado, relevancia moral a todos los seres vivos. Y, por tanto, dignidad a la naturaleza. En este sentido, para que desde lo individual el ser se pueda reconocer a sí mismo como individuo, con un valor en sí mismo, dotado de derechos y de dignidad; primero tiene que reconocer la calidad de ser de su entorno; de todos los seres tanto humanos como de la naturaleza. De esta forma, se puede construir el 'yo' y el 'otro' como producto del conocimiento y de la razón, en la que uno no puede existir sin el otro *''puesto que para que ambos modos de ser, sean, es necesaria esa dualidad que une a la vez que distingue''*[7].

Así mismo, la dignidad de la naturaleza es el fundamento teórico que permite afrontar con mayor claridad la relación y a la interdependencia de los derechos humanos y los derechos de la naturaleza. Ya que estos, al tener el mismo origen: la dignidad; el reconocimiento de los Derechos de la tierra permitirá reafirmar, desarrollar y perfeccionar los Derechos Humanos sobre una base de respeto a la vida. Actualmente, el marco jurídico internacional y nacional está en construcción, pues, en países como Ecuador, Bolivia, Colombia y estados mexicanos como Colima y Guerrero se encuentran a la vanguardia; ya que, parten del reconocimiento de los derechos de la tierra como fuente de protección del ser humano y de toda forma de vida al incluir, en sus respectivas constituciones, a la naturaleza como sujeto de derecho.

Es menester mencionar que, a lo largo de la historia, el ser humano se ha sobre puesto a grandes retos, y hoy en día no es la excepción. La actual crisis ambiental del planeta amenaza con alterar el equilibrio entre la naturaleza y la humanidad. La degradación, deterioro, y extinción ambiental se han visto precipitados por las transformaciones sociales, económicas, productivas y tecnológicas del actual modelo económico, jurídico y político.

La sostenibilidad de la vida en la Tierra está amenazada por las personas y sus estilos de vida. Por consiguiente, el ser humano tiene una responsabilidad moral por preservar todas las especies y ecosistemas del planeta; conforme evoluciona nuestra sociedad, se hace indispensable adoptar medidas para la preservación del ambiente. En este sentido, otorgar derechos a entidades naturales es una medida para proteger la naturaleza y preservar la vida.

Aunado a lo anterior, la percepción que tiene el ser humano sobre su papel dentro de la naturaleza, versa en un paradigma antropocéntrico que trasciende a múltiples situaciones como la social, cultural, política y jurídica. El nuevo paradigma debe trascender a que el ser humano se reconozca como parte de un todo; de un sistema de vida complejo y frágil.

Con lo que respecta al ámbito internacional, las evaluaciones regionales de América y el Caribe del GEO6 resaltan que, la población urbana aumentó en más de 35 millones de personas entre 2010 y 2015, y se prevé que alcance un total de 567 millones en

---

[6]Gudynas, Eduardo. (2010). "La senda biocéntrica: Valores intrínsecos, derechos de la naturaleza y justicia ecológica", *Tabula Rasa*, núm. 13, julio-diciembre, 2010, pp. 45-7. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/396/39617525003.pdf

[7] Montero, Maritza. "De la otredad a la praxis liberadora: La construcción de métodos para la conciencia. *Estudios de Psicología*, vol. 32, núm. 1, enero-marzo, 2015, pp. 141-149 Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/3953/395351948013.pdf

2025,[8] esto, implicaría un agravante en la degradación ambiental de la región debido a la urbanización.

Además, el ritmo de perdida de especies y ecosistemas se está acelerando en la mayoría de los casos. También, el consumo regional de minerales, minerales metalíferos, combustibles fósiles y biomasa es superior al de otras regiones y está conduciendo al rápido agotamiento de los recursos de la región[9]. Aunado a eso, la escasez de agua cada vez es más notaria; la sobreexplotación de los mantos acuíferos, la fragmentación y regulación de los ríos son insuficientes para abarcar la demanda del suministro de agua.

También, la calidad del aire ha empeorado en las ciudades y se estima que más de 100 millones de personas en la región viven en zonas expuestas a la contaminación atmosférica y 25 millones de habitantes de las zonas rurales están en contacto con aguas superficiales contaminadas procedentes de las urbes. [10] Por otro lado, la erosión hídrica afecta a 2,23 millones de kilómetros cuadrados de tierra en la región, y otras fuentes de contaminación de origen terrestre repercuten directamente sobre los ecosistemas costeros[11]. Asimismo, se calcula que las 870 millones de toneladas de residuos sólidos que generaron los municipios de la región en 2014 ascenderán a 1.400 millones al año para 2030[12].

Cabe señalar que los derechos humanos, tal y como están reconocidos en los tratados internacionales, dependen de un medio ambiente sano y equilibrado. Por ende, esta relación innata entre los derechos humanos y la naturaleza marca una ruta a seguir en la evolución jurídica de nuestro derecho, pues, la concepción de derechos humanos reclama un reconocimiento de los derechos inherentes de la naturaleza. En este sentido, es innegable la existencia de una relación entre la protección del medio ambiente y la realización de otros derechos humanos, en tanto que la degradación ambiental y los efectos adversos del cambio climático afectan el goce efectivo de los derechos humanos.[13]

Por lo que respecta a México, el consumo excesivo de recursos naturales tiene como resultado que, en 2019, el costo por los daños ambientales fue de $19,067,228 millones de pesos, de los cuales, $1,096,970 corresponden a los costos totales por agotamiento y degradación ambiental. Así mismo, de este último, el 86.6% corresponde a la degradación ambiental y el 13.4% al agotamiento de los recursos naturales.[14]

El agotamiento de recursos forestales respecto a la deforestación en 2010-2015 se mantuvo alrededor de 3.3 millones de hectáreas[15], y, para el periodo 2003-2018 dicho costo registró una disminución promedio anual de (-)4.5% nominal, como consecuencia del crecimiento natural del recurso y de las actividades de reforestación[16]. Otro indicador que se vio relativamente favorecido fue el de hidrocarburos, pues presentó una disminución promedio de (-)1.1% nominal, en igual periodo. En el 2018, el costo por el agotamiento de este recurso representó el 0.3% del PIB.[17] Sin embargo, entre 2003 y 2018 se registró un incremento en la sobreexplotación del agua subterránea, lo que originó que los costos por

[8] UNEP, (2016.). "*Resumen de las evaluaciones regionales del sexto informe sobre las perspectivas del medio ambiente mundial: Resultados principales y mensajes políticos, GEO-6*", recuperado de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7688/-Resumen_de_las_evaluaciones_regionales_del_sexto_informe_sobre_las_perspectivaas_del_medio_ambiente_mundial_GEO-6_Resultados_principales_y_mensajes_.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[9] UNEP. Op. Cit,

[10] UNEP. Op. Cit,

[11] UNEP. Op. Cit,

[12] UNEP. Ibídem,

[13] Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2017). "*Obligaciones Estatales en relación con el medio ambiente en el marco de la protección y garantía de los derechos a la vida y a la integridad personal, opinión consultiva OC-23/17". Recuperado de* https://www.corteidh.or.cr/docs/opiniones/seriea_23_esp.pdf

[14] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). *Cuentas económicas y ecológicas de México*. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/temas/ee/

[15] SEMARNAT. (2015). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México 2015, compendio de estadísticas ambientales*. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf

[16] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Op. Cit,

[17] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Op. Cit,

agotamiento de este recurso natural se incrementaran en 7.9% nominal en promedio cada año durante el mismo periodo.[18]

Es a consecuencia de lo anterior que, la degradación de los suelos disminuye la capacidad para proveer bienes y servicios a los ecosistemas y a sus beneficiarios. La pérdida ambiental de los ecosistemas y de las especies ha aumentado en los últimos años, ya que, en nuestro país alrededor de 28 338 de especies están en riesgo de desaparecer.[19]

Con lo que respecta al cambio climático, México emitió 683 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO2e) de gases efecto invernadero (GEI) en el 2015, del cual, el sector energético de México representa el 70.41% (480.87 MtCO2e) de las emisiones totales brutas, y de las cuales, el sector eléctrico contribuye con el 18.32% (125.12 MtCO2e)[20]. Por otro lado, el costo correspondiente a la contaminación de los cuerpos de agua como lagos, lagunas, ríos, etc., mostró la mayor tasa media de crecimiento en el periodo 2003-2018, con una variación nominal de 8.7% anual.[21] Además, como resultado de las actividades económicas, sociales y culturales de la vida cotidiana, durante 2018 se recolectaron en promedio, cada día, 107 055 547 kilogramos de residuos sólidos urbanos en el territorio nacional, lo que significa que se recogieron diariamente 854 gramos por persona.[22]

En México, el compromiso por construir un modelo sostenible representa un reto importante, pues, las condiciones económicas y sociales no son las indicadas. La realidad de nuestro país es que en 2018, se indicaba que aproximadamente el 44% de la población se encuentran en situación de pobreza[23] dentro de la cual el 74.9% corresponde a alguna persona con pertenencia étnica indígena.[24] Lo alarmante de lo anterior es que, si no se hace una transición del modelo de vida que tenemos actualmente, esas cifras irán en incremento y el grueso de la población se encontrará en un mundo distópico con desplazamientos ambientales irremediables.

También, uno de los factores que no permiten el goce pleno del derecho a un medio ambiente sano se ve reflejado en la implementación de los planes, programas y acciones pues no existen parámetros adecuados en la transversalidad del agotamiento y degradación ambiental en la política de los diferentes sectores analizados. Estos, no son congruentes con las condiciones de vulnerabilidad y capacidades específicas que atiendan a los riesgos ambientales de la naturaleza y de las personas.

De lo anterior, resulta significativo resaltar que en diversos ámbitos se tiene que tomar acción ante la crisis ambiental y a sus implicaciones que genera. No solo el derecho a un medio ambiente sano se ve comprometido, también, otros derechos económicos, sociales, culturales y ambientales se ven colisionados ante estas vulneraciones.

Hoy en día, el sistema jurídico mexicano es deficiente en tanto a la concepción de "derechos" pues esta es muy restringida, ello debe evolucionar para extender los derechos a las generaciones futuras y a la naturaleza. El cambio de paradigma que necesita el sistema jurídico mexicano recalca, que el enfoque jurídico teórico se sustituya por casos tangibles en los que los derechos se extiendan a las

---

[18] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ibídem,

[19] CONABIO. (2021). *La crisis de la biodiversidad*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/crisis.html

[20] INECC. (2021). *Evaluación estratégica del avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Recuperado de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/227/844_2018_Evaluacion%20estrategica_politica_nacional_CC.pdf?sequence=6&isAllowed=y

[21] Instituto Nacional de Estadística y Geografía; Ibídem.

[22] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Estadísticas a propósito del día mundial del medio ambiente (5 de junio), Comunicado de Prensa 3 de junio de 2020*. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/ambiente2020_Nal.pdf

[23] INECC, Op. Cit.

[24] CONEVAL. (2021). *Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: avances y desafíos en política social. Medición de la pobreza serie 2008-2018.* Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_18/Pobreza_2018_CONEVAL.pdf

entidades naturales, y, en consecuencia, a los derechos del ser humano.

Se requieren nuevos marcos jurídicos que trasciendan al ámbito legislativos de todas las entidades federativas referentes al medio ambiente, así como instrumentos internacionales como convenciones, acuerdos y tratados sobre la naturaleza que complementen la Declaración Universal de Derechos Humanos.

Sin duda alguna, la naturaleza es un sistema de vida complejo y delicado del que el ser humano forma parte; y cuya responsabilidad es proteger y preservar el equilibrio ambiental de cada uno de sus integrantes.

Actualmente, resulta evidente que la sostenibilidad de la vida en la tierra está comprometida por los estilos de vida, los modelos económicos y productivos, y, la falta de cultura ambiental. La toma de acciones de los próximos años determinará la calidad de vida que tendremos, pues la supervivencia humana depende directamente de restablecer ese equilibrio. En este sentido, resulta importante que la visión del mundo sea centrada en la Naturaleza basada en un enfoque interdependiente de derechos los derechos humanos y el reconocimiento de los derechos de la naturaleza para poder garantizar el equilibrio ambiental.

De lo contrario, atenderemos una crisis ambiental mundial que será irreversible con cambios climáticos de gran intensidad, extinción de especies, agotamiento de recursos naturales vitales como el agua y recursos minerales o hidrocarburos, afectaciones a la salud humana, incremento de la pobreza, déficit alimentario, propagación de nuevas enfermedades, y la propagación de futuras pandemias como la que actualmente aqueja al mundo, producto del incorrecto aprovechamiento de la fauna silvestre.

Cabe señalar, que existe un amplio reconocimiento en el derecho internacional sobre la interdependencia e indivisibilidad entre el ambiente y los derechos humanos, desde la firma de tratados internacionales, hasta convenciones sobre el ambiente para adoptar medidas que preserven su equilibrio; algunos casos, como en países de América Latina (Ecuador, Colombia, Bolivia) han trascendido hasta el reconocimiento de los derechos de la naturaleza en sus constituciones y, en consecuencia, en todo su sistema jurídico.

Se debe considerar que la condición jurídica de la naturaleza en México sigue en transición, pues existen precedentes normativos como la Constitución de Guerrero y proyectos constitucionales como en el Estado de Colima; respecto al reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derechos, sin embargo, aún falta el paso de algunos años para que esta condición se vea reflejada a nivel nacional. El lado positivo es que, a través del poder judicial, se han dictado sentencias para redefinir los alcances del derecho ambiental y la protección del mismo; dotando de dignidad a la naturaleza al reconocer su valor en sí misma independientemente del ser humano.

El paso siguiente, es elevar ese criterio a rango constitucional, estas implicaciones traerían como consecuencia un alcance mayor en la protección de los derechos humanos; asimismo, el actual paradigma jurídico, social y económico transitarían a una realidad en la que los índices de desigualdad social tendrían los factores necesarios para disminuir.

Además, si bien el reconocimiento constitucional de la naturaleza como sujeto de derechos es la base para el fortalecimiento al acceso efectivo a un medio ambiente sano y los derechos humanos, la realidad es que la participación activa del Estado y principalmente de la sociedad tiene un papel primordial, pues de nada sirve que se tengan reconocidos los derechos si no se ejercen plenamente. Para ello, la participación ciudadana en la toma de decisiones y en la aplicación de políticas públicas ambientales fomentará la creación de instituciones enfocadas en la protección del medio ambiente.

En este contexto, la educación ambiental y el acceso a la información pertinente permitirá adaptar los instrumentos jurídicos y los conocimientos técnicos ambientales a una realidad social; aunado a ello, las diferentes perspectivas metodológicas permitirán adecuar estas cuestiones a los procesos jurisdiccionales, considerando, la viabilidad, la eficiencia, el marco legal, la operatividad administrativa y la efectividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEL RIO, MARYSOL, "La tesis de la separación del derecho y la moral y su impacto en la formación ética de los abogados. Hacia la innovación social en el derecho", RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, vol. 6, núm. 11, julio-diciembre, 2015. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/4981/498150319060.pdf
2. ILLICACHI GUZÑAY, JUAN. "Desarrollo, educación y cosmovisión: una mirada desde la cosmovisión andina". Universitas, Revista de Ciencias Sociales y Humanas, núm. 21, julio-diciembre, 2014, pp. 17-32 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/4761/476147261002.pdf
3. ROSILLO PANTOJA IZARELLY, "Políticas públicas ambientales. Un enfoque jurídico, administrativo y social", Ciudad de México, Editorial Gedisa mexicana, 2021, pp.17.
4. TESIS: 1A. CCLXXXIX/2018 (10A.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación, Primera Sala, Libro 61, diciembre de 2018, Tomo I, página 309, registro electrónico 2018636.
5. TESIS: 1A. CCLXXXVIII/2018 (10A.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación, Primera Sala, Libro 61, diciembre de 2018, Tomo I, página 308, registro electrónico 2018633.
6. TESIS: 1A. CCXC/2018 (10A.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación, Primera Sala, Libro 61, diciembre de 2018, Tomo I, página 335, registro electrónico 2018694.
7. TESIS: 1A. CCXCI/2018 (10A.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación, Primera Sala, Libro 61, diciembre de 2018, Tomo I, página 335, registro electrónico 2018693.
8. TESIS: 1A. CCXCII/2018 (10A.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación, Primera Sala, Libro 61, diciembre de 2018, Tomo I, página 308, registro electrónico 2018635.
9. TESIS: 1A. CCXCV/2018 (10A.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación, Primera Sala, Libro 61, diciembre de 2018, Tomo I, página 307, registro electrónico 2018634.
10. Gudynas, Eduardo (2014). "Derechos de la naturaleza", recuperado de http://gudynas.com/wp-content/uploads/GudynasDerechosNaturalezaLima14r.pdf
11. Gudynas, Eduardo. (2010). "La senda biocéntrica: Valores intrínsecos, derechos de la naturaleza y justicia ecológica", *Tabula Rasa*, núm. 13, julio-diciembre, 2010, pp. 45-7. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/396/39617525003.pdf
12. Montero, Maritza. "De la otredad a la praxis liberadora: La construcción de métodos para la conciencia. *Estudios de Psicología*, vol. 32, núm. 1, enero-marzo, 2015, pp. 141-149 Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/3953/395351948013.pdf
13. UNEP, (2016.). "*Resumen de las evaluaciones regionales del sexto informe sobre las perspectivas del medio ambiente mundial: Resultados principales y mensajes políticos, GEO-6*", recuperado de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7688/-Resumen_de_las_evaluaciones_regionales_del_sexto_informe_sobre_las_perspectivaas_del_medio_ambiente_mundial_GEO-6_Resultados_principales_y_mensajes_.pdf?sequence=3&isAllowed=y
14. Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2017). "*Obligaciones Estatales en relación con el medio ambiente en el marco de la protección y garantía de los derechos a la vida y a la integridad personal, opinión consultiva OC-23/17". Recuperado de* https://www.corteidh.or.cr/docs/opiniones/seriea_23_esp.pdf
15. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). *Cuentas económicas y ecológicas de México*. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/temas/ee/
16. SEMARNAT. (2015). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México 2015, compendio de estadísticas ambientales*. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
17. CONABIO. (2021). *La crisis de la biodiversidad*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/crisis.html
18. INECC. (2021). *Evaluación estratégica del avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Recuperado de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/227/844_2018_Evaluacion%20estrategica_politica_nacional_CC.pdf?sequence=6&isAllowed=y
19. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Estadísticas a propósito del día mundial del medio ambiente (5 de junio), Comunicado de Prensa 3 de junio de 2020*. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/ambiente2020_Nal.pdf
20. CONEVAL. (2021). *Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: avances y desafíos en política social. Medición de la pobreza serie 2008-2018.* Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_18/Pobreza_2018_CONEVAL.pdf

Reformas y políticas laborales: Revisión de evidencia internacional

Paulina Hernández Mendoza, FCA, UAQ, phernandezm23@gmail.com

Enrique Leonardo Kato Vidal, FCA, UAQ, enriquekato@uaq.mx

Resumen

A lo largo del tiempo, diversos países han puesto en marcha políticas laborales con el fin de mejorar las condiciones laborales de los trabajadores. Con el fin de anticipar los efectos de las políticas laborales implementadas en México por la actual presidencia (2018 – 2024): Programa Jóvenes Construyendo el Futuro (JCF) y Reforma a la Ley del Trabajo (efectos en la subcontratación), en el presente trabajo se realizó una revisión de la literatura de: 1) programas activos del mercado laboral implementados en distintos países europeos, 2) implementación de la reforma de liberación de los contratos temporales en España en 1984 y 3) efectos del primer empleo en la vida laboral de las personas, así como los resultados de cada uno de ellos. Entre los principales resultados se encontraron: efectos negativos o nulos en la implementación de programas; disminución en ingresos y días trabajados a causa de la implementación de la reforma de 1984 y efectos a largo plazo en la vida laboral de las personas debido al primer empleo. Por lo anterior se afirma que los efectos del programa JCF no serán los más óptimos al término de su implementación, mientras que la reforma puede generar mejores condiciones laborales para los trabajadores.

Palabras clave

Empleo, Jóvenes Construyendo el Futuro, Subcontratación, Revisión de la literatura, México

Abstract

By the pass of the years, different countries had put in practice labor policies to improve the labor conditions of workers. With the purpose to anticipate the effects of the labor policies that has been stablished in Mexico by the actual presidency (2018 – 2024): Jóvenes Construyendo el Futuro (JFC) program and Reform to the labor law (effects on outsourcing), the present paper realized a review of the literature: 1) the implementation of active labor market programs in different European countries, 2) the implementation of the liberalization reform of temporal contracts in Spain on 1984, 3) the effects of the first employee in the labor life of people, as well as the results of each one. The main results include: negatives or zero effects by implementing the programs; a decrease in the earnings and days worked as a result of the implementation of the reform of 1984; and long term effects in the labor life of people because of the first employee. Thanks to the previous results, it is affirmed that the effects of JFC program will not be the most optimal at the end of their implementation, while the reform could improve the labor conditions of the employees.

Key Words

Employment, Jóvenes Construyendo el Futuro, Outsourcing, Literature review, Mexico

1 Introducción

A lo largo del tiempo, el desempleo ha sido un factor que ha afectado a la población en diversos

países, por lo que se ha vuelto un tema de relevancia y punto central de investigaciones por distintos autores, así mismo, se ha intentado descifrar el mercado laboral. En el presente trabajo se exponen tanto los programas activos del mercado laboral, como los contratos temporales y el tamaño del primer empleador, los cuales tienen un factor en común, modificar las condiciones del mercado laboral, lo anterior con la finalidad de adelantar resultados de las políticas laborales implementadas en México en la actual presidencia.

Por un lado, los programas activos del mercado laboral tienen como objetivo principal dar herramientas a la población para facilitar el acceso al mercado laboral. En el presente trabajo se toma en cuenta un estudio realizado por Caliendo & Schmild (2016), el cual se enfoca en analizar cuatro tipos de programas y su efectividad, entre los programas evaluados se encuentran 1) capacitación laboral, 2) asistencia y búsqueda de empleo, 3) subsidios salariales y 4) programas de trabajo del sector público. Los principales resultados debido a la implementación de la capacitación laboral muestran efectos negativos, por otra parte se muestra una efectividad similar de los programas de asistencia y búsqueda de empleo y monitoreo tanto para los jóvenes como para los adultos, efectos positivos en la implementación de los subsidios salariales y efectos nulos y negativos como resultado de la implementación de los programas de trabajo del sector público.

Respecto a los contratos temporales, se plantea un estudio realizado por García, et al., 2016, en el cual se evalúa el impacto de entrar al mercado laboral antes o después de ser implementada la reforma de liberación de los contratos temporales en España en 1984. Entre los principales hallazgos se encuentra, un aumento en el número de contratos temporales, se observa una reducción de los ingresos y días trabajados en jóvenes que son desertores de preparatoria, una inestabilidad en los trabajos para los empleados que entraron después de la implementación de la reforma, por otra parte, se facilita la entrada al mercado laboral de gente joven.

Finalmente, se analiza el estudio realizado por Arellano (2020), en el que se investigan las trayectorias laborales para medir los efectos a largo plazo de obtener el primer empleo en una empresa grande, respecto una pequeña. Entre los resultados principales se encuentran que, empezar trabajando con un empleador grande conduce a que los empleos posteriores sean con empleadores grandes. Así mismo, la experiencia de las empresas grandes tiene mayores retornos que la experiencia en otros lugares, al igual, el tiempo trabajado en una empresa grande es más valorado que el tiempo en otras empresas.

México a lo largo del tiempo ha implementado mecanismos para disminuir el desempleo y mejorar las condiciones laborales de la población en general. La actual Presidencia de México (2018 – 2024), ha puesto en marcha políticas laborales, entre las que se encuentran, la creación del Programa Jóvenes Construyendo el Futuro (JCF), el cual tiene como objetivo, integrar a jóvenes de entre 18 a 29 años de edad que no estudien y no trabajen al mercado laboral, durante el periodo de un año, mediante el acceso de los jóvenes a las empresas registradas dentro del programa, adicional, los jóvenes reciben una remuneración por el desarrollo de sus actividades (STPS, 2019).

Así mismo, el 23 de abril de 2021 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la reforme a la Ley Federal del Trabajo, en la cual se incluyen

diversas limitantes para las empresas prestadoras de servicios de subcontratación. Esta reforma prohíbe la subcontratación, específicamente la transferencia de trabajadores propios a otra empresa, sin embargo, está permitida la subcontratación si se trata de desempeñar servicios especializados, siempre y cuando, las empresas se registren en la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (Gobierno de México, 2021b).

Con los resultados preliminares del programa, así como con las cifras publicadas referentes a la subcontratación se realizaron dos análisis para determinar 1) la participación de los jóvenes y las empresas dentro del programa JCF y 2) los niveles de subcontratación de dos grupos de la población a. hombres y mujeres y b. grupos de ocupación.

Entre los resultados obtenidos se muestra que, referente al programa Jóvenes Construyendo el Futuro, en estados en donde la actividad económica es representada por empresas pequeñas, se muestra una mayor participación en el programa, tanto por parte de las empresas como por parte de los jóvenes. Mientras que en estados donde la actividad económica es representada por empresas grandes, la participación dentro del programa es menor. Respecto a la subcontratación, los resultados muestran un aumento en las tasas de variación de la subcontratación a través de los años, tanto total, como en los dos diferentes grupos de 2003 a 2020 (Hernández, 2021).

El objetivo principal del trabajo es sintetizar evidencia internacional sobre la efectividad de reformas y políticas laborales para dar contexto y poder evaluar con anticipación la efectividad de las acciones llevadas a cabo por el actual gobierno de México. El presente trabajo se plantea de la siguiente manera, en la primera sección se muestra la metodología llevada a cabo, posteriormente en la segunda sección se plasman ideas generales sobre los artículos analizados, en la tercera sección se presentan algunas limitaciones o aspectos que no son tomados en cuenta para el análisis de los temas, más adelante se presentan los resultados más relevantes y finalmente se escriben las conclusiones.

2 Metodología

Para determinar el impacto de las diversas políticas laborales, en los diferentes países bajo distintas condiciones se analizó un primer documento que contenía 37 estudios que evaluaban el impacto de 4 intervenciones activas del mercado de trabajo en los jóvenes europeos, se consideraron 11 diferentes países de Europa, entre ellos: Francia, Alemania, Reino Unido, Finlandia, Portugal y Suecia. Los años de estudio fueron 1997 - 2014 (Caliendo & Schmild, 2016: . 18).

Posteriormente se determinó el impacto de los contratos temporales, para ello se tomaron en cuenta los datos de la Muestra Continua de Vidas Laborales, que es una base de datos de la Administración Española de Seguridad Social. Este estudio consideró una muestra aleatoria del 4% de las personas que han contribuido al sistema de seguridad social o han recibido una contribución. El periodo de estudio fue de 2006 a 2012 y se tomó en cuenta a las personas que tuvieran mínimo un día de empleo durante estos 7 años (García, et al., 2016: 10). La muestra principal incluye a hombres desertores de preparatoria nacidos en España durante el primer trimestre de 1965 y el cuarto trimestre de 1972, al ser la reforma implementada en octubre de 1984. Adicional a la muestra principal, se utilizó una muestra de los hombres graduados nativos de España, la cual se utilizó para examinar el

impacto de la reforma en el grupo de trabajadores con un mayor nivel educativo por lo que debía experimentar menores dificultades en el mercado laboral (García, et al., 2016: 11).

Finalmente, se analizaron las trayectorias laborales, mediante la Muestra Continua de Vidas Laborales, de la cual se seleccionó el 4% de forma aleatoria de los años 2004 a 2015. Se tomó en cuenta a la población que en un año tuvo relación con la seguridad social (laboralmente hablando). Las variables demográficas incluyen: a) el lugar de nacimiento, b) la fecha de nacimiento, c) el sexo y d) el nivel de escolaridad. Para cada periodo de empleo se tomó en cuenta la fecha de inicio y de término, un identificador anónimo del empleador, el tipo de contrato, grupo de cotización y el pago de nómina de cada mes (Arellano, 2020: 6). El análisis se limitó a hombres nacidos en España. Para el estudio de las empresas se toma en cuenta la localización, el sector, los años de antigüedad y el número de trabajadores. A continuación, se presentan los elementos más importantes de cada uno de los estudios.

3 Resultados

En la sección 3.1 se revisan tres temas, primero, las políticas laborales activas, segundo, la implementación de contratos temporales y tercero, los efectos del tamaño del primer empleador, para cada uno de ellos se exponen ideas principales, contextos en los que se presentaron o evaluaron, así como algunos resultados preliminares.

3.1 Políticas laborales activas y trayectorias laborales

Para analizar las políticas laborales activas se estudiaron los programas activos del mercado laboral, los cuales tienen como objetivo integrar a los jóvenes desempleados, estabilizar su entrada, así como promover la asimilación de formación profesional para facilitar la entrada en el mercado laboral. De acuerdo con Caliendo & Schmild (2016) los programas son divididos en 4 categorías: 1) capacitación laboral, 2) asistencia y búsqueda de empleo y monitoreo, 3) subsidios salariales y 4) programas de trabajo del sector público.

A lo largo del tiempo los jóvenes han sido el sector más vulnerable laboralmente hablando, lo anterior debido a que son dos o tres veces más propensos a quedar desempleados. Los autores analizaron las distintas situaciones de desempleo en diversos países europeos en 2013 y se encontró que, para los jóvenes en edades inferiores a los 25 años el desempleo en Alemania era del 8%, mientras que en países como Italia, España y Grecia la tasa de desempleo era del 40%. En el largo plazo la brecha se mantiene, en países como Finlandia y Suecia la tasa de desempleo era de entre el 5% y 7% mientras que en Italia, Grecia y República de Eslovaquia era del 50% (Caliendo & Schmild, 2016: 4).

Se concluyó que la participación en el mercado laboral por parte de los jóvenes está generalmente correlacionada con los niveles educativos, se argumenta que, de acuerdo al nivel de educación que se tenga es la posibilidad de quedar desempleado. Si únicamente se cuenta con estudio de preparatoria se tiene dos veces más posibilidad de quedar desempleado que los jóvenes con un título universitario. Sin embargo, existen otros factores que influye en el desempleo juvenil pueden ser las crisis económicas y la baja demanda laboral (Caliendo & Schmild, 2016: 5).

La participación en los distintos programas evaluados fluctúa entre los distintos países europeos analizados. Mientras que en Eslovenia, Estonia y Holanda la tasa de participación es menor al 10%, en países como Austria, Alemania y Hungría excede del 100%, lo que se podría interpretar como que los individuos participan en más de un programa en promedio (C & S, 2016).

Los programas de capacitación laboral muestran efectos negativos al enfocar la capacitación tanto en el área teórica como práctica. Mientras los estudios suecos y noruegos muestran resultados negativos, los estudios alemanes y finlandeses muestran resultados nulos, unicamente el estudio francés muestra resultados positivos, sin embargo, es importante mencionar que los efectos positivos se dieron para el grupo de jóvenes con bajos niveles de educación (C & S, 2016: 11).

Para los programas de asistencia y búsqueda de empleo y monitoreo, se concluyó que, estos programas muestran una efectividad similar para los jóvenes como para el resto de la población. Los efectos a largo plazo son positivos, pues les permite a los jóvenes obtener un empleo más estable de mayor calidad. La efectividad del asesoramiento y el monitoreo es menor bajo condiciones económicas negativas y en el desempleo de jóvenes a largo plazo (Caliendo & Schmild, 2016: 12).

Respecto a los subsidios salariales se encontró que la mayoría de los estudios presentan efectos positivos. Sin embargo, es importante tomar en cuenta la alta probabilidad de tener efectos sin valor, lo anterior debido a que algunas empresas contratan jóvenes utilizando el subsidio salarial aun cuando podrían contratarlos sin él.

Finalmente, el programa de trabajo del sector público tiene resultados bastante desalentadores para los jóvenes se encontraron efectos nulos e incluso negativos, por lo que es muy cuestionable si estos programas son una solución adecuada, incluso en situaciones económicas desafiantes (Caliendo & Schmild, 2016: 14).

Contratos temporales. Conocer el impacto de los contratos temporales en los empleados es de suma importancia, por lo que García et al. evaluó el impacto a largo plazo de entrar al mercado laboral antes o después de ser implementada la reforma de la liberación de contratos temporales en 1984. El efecto de los contratos temporales es ambiguo, por un lado, tiene un impacto positivo, pues se piensa que este tipo de contratos permite a los empleados poco cualificados obtener un mayor capital humano que les permitirá obtener mejores empleos en un futuro. Por otra parte, existe un peligro de que los trabajadores vayan de un empleo con contrato temporal, a uno igual, creando una inestabilidad laboral (García, et al., 2016: 2).

Los países europeos tienen un alto nivel de legislación de protección al empleo, haciendo que el despido de los trabajadores con contratos permanentes sea muy costoso. Sin embargo, este tipo de condiciones laborales dificultan el empleo para personas con baja productividad, así como para los jóvenes. Por lo anterior, se implementaron empleos con contratos temporales para mejorar las condiciones de los trabajadores poco cualificados, en países que tuvieran un alto nivel de legislación de protección al empleo (García, et al., 2016: 2).

Tras el aumento de la tasa de desempleo del 20%, el gobierno español implementó una nueva reforma que buscaba la liberación de los contratos temporales en 1984 (García, et al., 2016: 7), por lo que España se volvió uno de los países con el mayor número de personas con contratos de este

tipo. El grupo con mayores afectaciones por el uso generalizado de los contratos temporales en el mercado laboral fueron los jóvenes, en 1984 el 37.5% de los empleados jóvenes eran contratados temporalmente, en 1987 el 50% lo eran (García, et al., 2016: 9).

Una vez implementada la reforma se encontró que, existe un impacto significativo en el número de contratos temporales de hombres que abandonan la preparatoria, mientras que, para los graduados de preparatoria, la reforma no tiene efecto alguno. Así mismo, se planteó que lo hombres que entraron al mercado laboral después de la reforma son más propensos a mantener empleos no estables, incluso años después de entrar al mercado laboral. Respecto al sector de jóvenes, se identificó el impacto de la reforma en la entrada al mercado laboral de jóvenes de 18 y 19 años de edad, el resultado muestra una tendencia positiva en la probabilidad de encontrar empleo, por lo que se deduce que la reforma facilita la entrada al mercado laboral de la gente joven (García, et al., 2016: 16).

Otros resultados significativos fueron: los hombres que abandonaron la preparatoria y que ingresaron al mercado laboral una vez implementada la reforma, tuvieron ingresos más bajos durante los primeros 10 años de su vida laboral. Para el mismo grupo de hombres, también se observó una reducción del 4.5% promedio anual en los días trabajados. Por otra parte, los trabajadores que entraron después de la reforma acumularon ingresos más bajos en un 9%. Para el caso de los graduados de preparatoria no se percibe ningún efecto negativo en sus ingresos, ni en los días trabajados (García, et al., 2016: 17).

Trayectorias laborales. Se han analizado los efectos a largo plazo de obtener el primer empleo en una empresa grande respecto a una empresa pequeña. Así, para los empleados jóvenes en etapas formativas, el establecerse en un empleo en una empresa grande respecto a una empresa pequeña cobra relevancia, debido a que las empresas grandes ofrecen mayores beneficios a los empleados como capacitaciones, salarios más altos y mayor productividad (Arellano, 2020). Dependiendo del momento económico en el que el trabajador joven entre al mercado laboral, puede estar expuesto a diferentes tendencias de unirse a grandes o pequeñas empresas (Arellano, 2020: 13).

Una vez realizado el análisis, se determinó que, trabajar para una empresa que es más grande aumenta el ingreso vitalicio (Arellano, 2020: . 18). Así mismo, los resultados implican que el 94% de los ingresos vitalicios resultan del aumento de los ingresos en comparación con los beneficios de desempleo. Además, el aumento de los ingresos puede atribuirse tanto al salario medio diario, en un 74%, como a la cantidad de días trabajados en un 26% (Arellano, 2020: .22).

Se encontró que, para los grupos de trabajadores con menos educación, el tamaño de su primer empleador es más sensible a las condiciones del ciclo económico al momento de entrar al mercado laboral. Por otra parte, el empezar trabajando con un empleador grande conduce a que los empleos posteriores sean con empleadores grandes (Arellano, 2020: 26).

Un hallazgo más destaca que la experiencia de las empresas grandes tiene mayores retornos que la experiencia en otros lugares de trabajo y esta diferencia disminuye lentamente a través de los años. También se encontró que un año de experiencia en grandes empresas está asociado con un retorno de entro 2-3% mayor que un año de experiencia en otras empresas (Arellano, 2020:

. 30). Finalmente, el resultado del ascenso sugiere que el tiempo trabajado en una empresa grande es más valorado que el tiempo trabajado en otras empresas en términos del progreso de la carrera (Arellano, 2020: A32).

3.2 Hallazgos de la evidencia internacional

Para presentar los resultados obtenidos en cada uno de los estudios se plantearon tres secciones, en la primera se presentan los hallazgos de la implementación de programas activos del mercado laboral, en la segunda sección se presentan los efectos observados de incorporarse al mercado laboral antes o después de la reforma de liberalización de los contratos temporales. Finalmente, en la sección tres se presentan los hallazgos al analizar el impacto del tamaño del primer empleador y su repercusión a través de la vida laboral de las personas.

Efectos de las políticas laborales activas. Los resultados de los programas activos del mercado laboral muestran hallazgos muy distintos entre sí, aunque poco favorables. Para el caso de los cursos de capacitación, se recolecto evidencia de 19 estudios en 8 países distintos, la efectividad de estos programas es heterogénea. Al combinar la capacitación tanto práctica como teórica, se tienen efectos negativos en términos de resultados laborales. Estudios suecos y noruegos, muestran resultados negativos, sin embargo, los resultados no pueden ser determinantes ya que se examina un periodo de 1990, donde ambas economías experimentaron una recesión. Por otra parte, los estudios alemanes y finlandeses muestran resultados nulos. Finalmente, el estudio francés muestra un efecto nulo de los programas para los jóvenes con educación superior y efectos positivos para jóvenes con baja educación, por lo que concluyen que la capacitación es más benéfica en jóvenes con desventajas (Caliendo & Schmild, 2016: 9).

Por otra parte, los programas de asistencia y búsqueda de empleo y monitoreo muestran resultados mayormente positivos, los cuales se basaron en la evidencia de 16 estudios en ocho distintos países.

Se encontró que los programas que incluyen asesoramiento tienen efectos positivos independientemente de que impliquen o no un seguimiento. Sin embargo, en Suecia y Dinamarca bajo condiciones económicas desfavorables este tipo de programas tienen efectos nulos. Al evaluar el cambio del sector de asistencia, es decir, pasar de una asistencia pública a una privada, estudios tanto franceses como alemanes muestran efectos positivos en las personas (Caliendo & Schmild, 2016: 11).

Los resultados de los subsidios salariales muestran, para estudios de Suecia y Noruega efectos nulos, los cuales pueden estar relacionados con condiciones laborales muy malas. Los estudios de Francia muestran que los jóvenes con baja cualificación se benefician menos, que con los contratos regulares de corto plazo, pero tiene un beneficio similar de acuerdo con los esquemas públicos de trabajo. Los estudios de Reino Unido muestran que los subsidios salariales tienen un crecimiento salarial en el largo plazo, así mismo, un estudio más muestra que los subsidios salariales en combinación con la capacitación tienen un desempeño bueno en comparación con otros programas activos del mercado laboral (Caliendo & Schmild, 2016: 13).

Por otra parte, para el caso de los programas de trabajo del sector público, la mayor evidencia se basa en estudios de Alemania y Francia, los

cuales presentan mayormente efectos nulos en los resultados. Así mismo, destacan que este tipo de programas tienden a mantener un comportamiento peor en términos de resultados que otros programas activos del mercado laboral (Caliendo & Schmild, 2016: 14).

Contratos temporales y sus efectos de los jóvenes. Una vez analizadas las bases de datos fue posible evaluar el impacto a largo plazo de entrar al mercado laboral antes y después de la implementación de la reforma en 1984. Se muestra un efecto positivo de la reforma en la probabilidad de encontrar empleo antes de los 18 o 19 años de edad. Se concluye que los hombres con baja educación que inician a trabajar después de la reforma de 1984 son 9% más probables de conseguir un empleo antes de los 19 años de edad. Por lo anterior, se concluye que la reforma facilita la entrada al mercado laboral a las personas jóvenes (García, et al., 2016: 16).

Los hombres desertores de preparatoria que entran al mercado laboral después de la reforma tienen menores empleos y salarios durante los 10 primeros años de su carrera. Con controles macroeconómicos y con experiencia laboral, la reforma aún tiene efectos significativos en los días trabajados, existe una reducción de 9.8 días, que equivale al 4.5% del promedio de días laborados en los primeros 10 años de experiencia laboral, para los empleados que entraron al mercado laboral antes de la reforma. Los estudiantes graduados tienen efectos insignificantes.

Al largo plazo, se encontró que la implementación de la reforma ocasiona una disminución de 6.5 días trabajados, que se refiere al 2.4% del promedio de días trabajados por el grupo de personas que entraron al mercado laboral justo antes de la implementación de la reforma. En 27 años esto corresponde a 175.5 días no trabajados. Lo anterior se debe a que al existir un incremento de contratos temporales, es posible que los empleados pierdan sus empleos con mayor frecuencia.

Por otra parte, se encontró que los hombres que entraron al mercado laboral después de la reforma laboral acumularon ingresos más bajos (García, et al., 2016: .17). Haciendo una estimación se deduce que la mitad de las pérdidas de ingresos puede ser explicada por los pocos días trabajados, el resto podría estar relacionado con la brecha salarial existente entre los trabajadores permanentes y los temporales.

Para los hombres graduados de preparatoria no existe ningún efecto negativo en sus ingresos debido a la reforma. Al hacer la comparación entre graduados y desertores se encuentra que debido a la reforma los ingresos para los hombres desertores de preparatoria decrecen un 6.5%. Al analizar el largo plazo se encontró que el efecto de la reforma es significativo al largo plazo con una perdida en los ingresos del 7.5 % anual en más de 27 años (García, et al., 2016: 18).

Finalmente, se realizó la medición para determinar si la suposición de que el impacto de la reforma estaba concentrado en los primeros años de la entrada al mercado laboral, era correcta. La medición se enfocó en analizar la experiencia laboral de 0 a 9 años, de 10 a 19 años y más de 20 años. Los efectos de la reforma, aunque son más importantes en los primeros años de experiencia laboral, siguen siendo persistentes hasta 27 años después (García, et al., 2016: 19).

Efectos del primer empleador en la vida laboral. En primera instancia los resultados muestran que las características del primer empleador pueden moldear la carrera de los empleados a largo plazo.

La base de datos muestra una correlación positiva entre el ingreso vitalicio y el tamaño del primer empleador. También se encontró que el tamaño de los primeros empleadores determina el tamaño de los empleadores subsecuentes (Arellano, 2020).

Así mismo se mostró que el retorno de la experiencia obtenida en grandes empresas es mayor que el retorno de las experiencias obtenidas en otros lugares (Arellano, 2020: . 4). Es importante mencionar que algunas personas se benefician más que otras de tener su primer empleo en una empresa grande, así mismo, obtienen mayor beneficio si estas grandes empresas se encuentran en el lugar en de nacimiento de los empleados (Arellano, 2020).

Empezar la vida laboral en una empresa grande esta correlacionado con una probabilidad menor de trabajar bajo un contrato temporal en los años 30s y una mayor probabilidad de experimentar una seguridad laboral total en general (Arellano, 2020: A21). La oportunidad de desarrollar mejores habilidades en una empresa grande también puede llevar a la persistencia de los efectos (Arellano, 2020: 27).

4 Conclusiones

Una vez analizados los estudios es posible contrastar los resultados de cada estudio con los datos preliminares de las políticas laborales implementadas en México.

De acuerdo con Caliendo & Schmid (2016), la participación dentro del mercado laboral esta correlacionada con los niveles educativos, argumentan que si únicamente se cuenta con preparatoria la probabilidad de quedar desempleados es dos veces más que si se cuenta con un título universitario. De acuerdo con el tercer informe de gobierno (Gobierno de México, 2021a), el programa JCF tiene una alta participación de jóvenes con baja escolaridad, por lo que, aunque el programa capacite a los jóvenes para entrar con mayor facilidad al mercado laboral, el permanecer dentro del será complicado y tendrán mayores posibilidades de ser desempleados que personas con mayor escolaridad, por lo que a largo plazo la efectividad del programa JCF será mínima.

El programa JCF puede estar considerado en dos categorías de los programas analizados por Caliendo y Schmild (2016): 1) capacitación laboral y 2) programas de trabajo de sector público. Lo anterior debido a que, JCF es un programa que fomenta el actual gobierno y su objetivo principal es capacitar a los jóvenes para que sea más fácil el acceso de ellos al mercado laboral. Ambos programas de acuerdo con Caliendo y Schmild (2016), muestran resultados mayormente negativos, por lo que se deduce que la efectividad programa JCF referente a integrar a los jóvenes en el mercado laboral, no será óptima. Sin embargo, referente a la capacitación laboral se destaca un estudio francés en donde se plantea que los jóvenes con desventajas muestran resultados más benéficos gracias al programa, retomando lo planteado en el tercer informe, la baja escolaridad de los jóvenes dentro del programa se considera una desventaja, por lo que el programa JCF podría mostrar ciertos resultados positivos.

Si bien, puede existir una diferencia entre la subcontratación y los empleos temporales, es posible realizar comparaciones entre ambos para determinar los factores que pueden enfrentar las personas que se mantienen bajo estas condiciones. En México la subcontratación ha tomado una tendencia de crecimiento desde 2003

hasta 2020, sin embargo, en los últimos años la subcontratación ha mantenido número constantes, aunque mayores a los observados en 2003 (Hernández, 2021). De acuerdo con García, et al. (2016), las personas con contratos temporales desertores de preparatoria tienen una disminución tanto en los ingresos como en los días trabajados, por lo que se puede asegurar que, al existir un aumento en la subcontratación en México, las condiciones laborales también son más precarias para los trabajadores subcontratados. Por lo que la modificación de la reforma, la cual limita la subcontratación, puede ser un factor que fomente mejores y más estables condiciones laborales para los trabajadores.

Finalmente, de acuerdo con Arellano (2020), el primer empleador puede moldear la carrera de los empleados a largo plazo, lo anterior debido a que la experiencia obtenida en las grandes empresas tiene un retorno mayor y las habilidades que se desarrollan dentro de las mismas debido a la capacitación son mejores. Se puede asegurar que existe una mayor participación dentro del programa tanto de jóvenes como de empresas en entidades donde la participación de las empresas micro y pequeñas predomina en la actividad económica (Hernández, 2021). Por lo anterior es posible asegurar que un gran número de empresas registradas dentro del programa son pequeñas empresas y un gran número de jóvenes se capacitan dentro ellas. Dicho lo anterior, es posible argumentar que los jóvenes registrados en el programa JCF no desarrollaran habilidades ni tendrán suficiente experiencia para colocarse en empresas grandes en años futuros, y la tendencia marca que sigan desarrollando actividades en empresas micro y pequeñas.

Una vez planteados los argumentos es posible concluir que, referente al programa JCF y en relación con la evidencia internacional, se muestra un panorama desalentador en cuestión de su efectividad, pues tanto el bajo nivel de escolaridad como la implementación de programas activos del mercado laboral tienen panoramas complicados al momento de mejorar y brindar mayores oportunidades de empleo a los jóvenes. Referente al tema de la subcontratación, las limitaciones de subcontratación que plantea la reforma a la Ley del Trabajo ocasionara una disminución en los empleados subcontratados y esta disminución eliminara condiciones laborales precarias para los trabajadores en México.

Referencias

Arellano, J. (2020). Career Consequences of Firm Heterogeneity for Young Workers: First Job and Firm Size. Yale University.

Caliendo, M., & Schmidl, R. (2016). Youth unemployment and active labor market policies in Europe. Iza Journal of Labor Policy.

García, J., Marinescu, I. & Vall, J. (2016). Can Fixed-Term Contracts Put Los Skilled Youth on a Better Career Path? Evidence from Spain. Institute for the Study of Labor (IZA).

Gobierno de México (2021a). Tercer Informe de Gobierno. Presidencia de la República, México.

Gobierno de México. (2021b). Reforma en materia de subcontratación laboral. Diario Oficial de la Federación. México.

Hernández Mendoza, P. (2021). Modalidad de Contratación y políticas laborales: el outsourcing y el empleo de jóvenes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2019). Jóvenes Construyendo el Futuro. Recuperado el 1 de julio de 2019, de https://jovenesconstruyendoelfuturo.stps.gob.mx/

PROTOTIPO TRIDIMENSIONAL DE BLOQUE: DE GELATINA DE USO EN BALÍSTICA DE EFECTOS

Autoría

León Granados Ana Laura.

Reséndiz Morán Luis Daniel.

Asesor: Pichardo Hernández Juan Alberto.

Resumen

En esta tesis de tipo experimental, en la elaboración de simuladores de los tejidos humanos (Gelatina de uso balístico de efectos) y el impacto sobre diferentes tipos de placas balísticas de diferentes materiales y dimensiones. Se realizan cálculos numéricos para conocer la densidad de la gelatina de esta forma tener una aproximación mayor a la del tejido humano, con el objetivo de estudiar el comportamiento dinámico del impacto sobre diferentes placas de gelatina balística. No se va a demostrar que el proyectil de arma de fuego tiene la capacidad de atravesar una placa balística, sino, la cantidad de energía que se transmite para crear un trauma al momento de impactar la gelatina balística. En las simulaciones se fijará el comportamiento del proyectil y en su caso la fragmentación mientras atraviesa dichos materiales, en el cual se observará los efectos que tendría en tejido humano. Los resultados obtenidos serán comparados con otros estudios que existan en donde se analice el comportamiento de los proyectiles al momento de su impacto en materiales que simulen en tejido humano, así como de su aproximación a la realidad.

Abstract

In this experimental type thesis, in the elaboration of human tissue simulators (Gelatin for ballistic effects use) and the impact on different types of ballistic plates of different materials and dimensions. Numerical calculations are carried out to know the density of the gelatin in this way to have a closer approximation to that of human tissue, in order to study the dynamic behavior of the impact on different plates of the ballistic gelatin. It is not going to demonstrate that the firearm projectile has the ability to pass through a ballistic plate, but rather the amount of energy that is transmitted to create trauma when the ballistic gelatin hits. In the simulations, the behavior of the projectile and, where appropriate, the fragmentation while passing through said materials will be fixed, in which the effects it would have on human tissue will be observed. The results obtained will be compared with other studies that

exist where the behavior of the projectiles at the time of their impact is analyzed.

Palabras clave: gelatina balística, cronógrafo, velocidad del proyectil, efectos causados.

Keywords: ballistic gelatina, chronograph, projectile speed, caused effects.

Introducción.

Durante muchos años, las pruebas balísticas para poder comparar sus efectos sobre tejido humano, se realizaban sobre trozos de carne de animales, la desventaja de este tipo de pruebas era el coste de la carne y su preservación, dado a la descomposición y la repetitividad de los ensayos para poder tener evidencias sólidas, Es por ello que fue necesario la creación de materiales que pudieran simular el tejido humano, en el cual además de poder repetir pruebas se pudieran analizar y observar con detalle la dinámica del proyectil dentro del tejido así como su expansión y trayecto.

La Criminología que es la ciencia interdisciplinaria, cuyo objetivo no solo es el estudio del delincuente las motivaciones, el delito, las conductas desviadas o el control social, con relación al delito mismo y de la víctima, sino también, del lugar de los hechos. La criminología aplica el método científico al estudio de las causas y explicación del delito, apoyándose de ciencias como la Medicina forense, la balística, etc.

La Medicina Forense aplica el conocimiento médico para ayudar a resolver crímenes, ofrecen asistencia a Jueces y a los tribunales para poder tener evidencias solidas de algún hecho delictivo, además, dentro de un proceso de investigación criminal, por su lado, la balística ofrece análisis exclusivamente dirigidos al área penal, que permiten esclarecer los hechos y situaciones donde se encuentran involucradas una o varias armas de fuego, municiones y elementos que se derivan al accionar el arma de fuego, de esta manera proporcionar los mecanismos suficientes de convicción que posteriormente se constituirán como pruebas en el juicio oral.

El tema de la balística forense, no dejará de tener importancia en la sociedad, con el paso del tiempo las investigaciones serán cada vez más amplias, con la finalidad de poder hacer el trabajo de investigación con mayor facilidad, el problema radica en la falta de información y conocimiento empírico, de los efectos y daños que pueden llegar a causar los proyectiles por arma de fuego en el tejido humano, cuando no se cuenta con las herramientas necesarias para su estudio.

Metodología.

El área de estudio se ubica en las instalaciones de la Licenciatura en Criminología, de la Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, que para efecto de llevar a cabo la producción de gelatina de uso en balística de efectos, serán

evaluados diferentes prototipos hechos a base de agua, gelatina, glicerina y grenetina con variación en sus porciones, así como, en la temperatura final, con una temperatura ambiente en un rango de 17-29°C. Los prototipos fueron elaborados en el mes de noviembre-febrero 2020-2021

1) Poner 15 litros de agua a fuego alto hasta que se alcance su punto de ebullición.
2) Después de que agua haya alcanzado su punto de ebullición, poner en fuego bajo.
3) Vaciar por porciones la grenetina en el agua hirviendo y mezclar continuamente, procurando evitar grumos en la mezcla y que pueda quemarse.
4) Una vez disuelta la grenetina verter poco a poco la gelatina en el mismo recipiente.
5) Disueltos los dos primeros ingredientes retirar del fuego.
6) Continúa agregando 25 mililitros de glicerina al combinado por cada litro de agua.
7) Mover hasta que se obtenga una mezcla homogénea.
8) Engrasar con aceite en spray el molde hasta cubrirlo totalmente.
9) Moldear la mezcla y dejar reposar a temperatura ambiente.
10) Posteriormente ingresar la mezcla ya moldeada a refrigeración.
11) Dejar durante una noche enfriando.
12) Después, sustraer la gelatina del molde con cuidado, para evitar que se rompa o dañe.
13) Una vez realizado este procedimiento el material está listo para usarse.

Resultados

El día 02 de agosto del 2021 a las 8:17 sé que acudió a las instalaciones del campo de tiro hace ubicado en Carretera Querétaro Tlacote S/N KM. 8.5 Tlacote El Bajo, 76230 Santiago de Querétaro, Qro. Para la realización de pruebas al prototipo tridimensional de uso balístico defectos con el objetivo de comprobar que el simulador de tejido es adecuado y apto para pruebas con armas de alto calibre, y que de esta forma nos permita observar el orificio de entrada y salida, así como la trayectoria una vez que el proyectil de arma de fuego impacte en el simulador de tejido. Se colocó una tina de material plástico de color rojo, de forma redonda de aproximadamente 150 litros de capacidad boca abajo, que nos sirve de apoyo para la colocación de la gelatina balística la cual se desprende de un molde color gris, de material plástico sellado con cinta color negro por la parte de en medio para poder unir ambas partes del molde, en forma de torso de cuerpo humano, color amarillo, de aproximadamente 40 cm por 48 de altura.

Más adelante, se despega prototipo de gelatina de uso balística de efectos número 2, de un recipiente

de material plástico, de color rosa, forma redonda, de capacidad de 8 litros, la cual por las características físicas se utilizará para realizar las pruebas del arma file marca Panther. Dicho prototipo fue trasladado del Municipio de San Juan del Rio, Qro. A la secretaria de seguridad pública municipal (SSPM) del municipio de Santiago de Querétaro, Qro. El día 03 de agosto del 2021 a las 7:00 horas, el cual si se mantuvo en refrigeración, el prototipo de gelatina, no presenta características de derretimiento en ninguna de sus partes.

Posteriormente se colocó el cronógrafo de medición balística, con ayuda de un flexómetros a una distancias de 7 metros a nivel del suelo, y tomando como referencia la orilla derecha de la tina.

Del mismo modo se coloca un dispositivo móvil marca Sony Xperia A2 Ultra. Color gris. Con una cámara trasera de 23 megapíxeles f/2.3 lente gran angular f/2.0, vídeos 4K, enfocando al prototipo tridimensional de gelatina de uso balístico de efectos a una distancia de 160 metros.



Fotografía Ana Laura León Granados.

Foto 1. Presentación final del espacio adaptado a los requerimientos de la práctica por parte de la Secretaria de Seguridad Pública.

En la realización de estas pruebas se van a disparar tres tipos de armas de fuego:

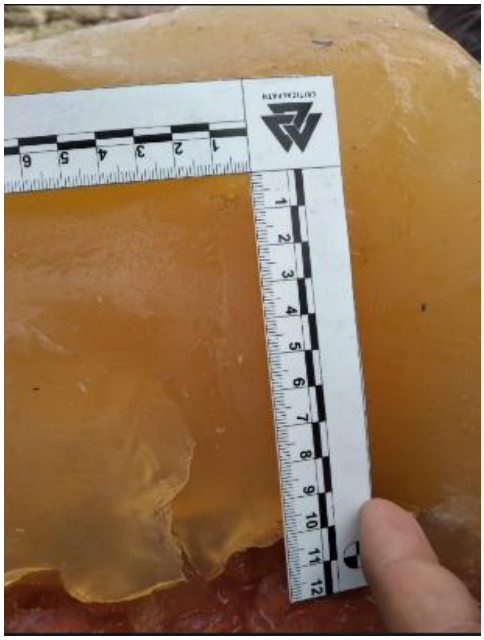
1. Pistola, Prieto Beretta modelo PX4 strom, fabricación italiana semiautomática, de calibre 9 mm, de doble acción.
2. Rifle de asalto, Aris, marca col, modelo A2, fabricante norteamericana, semiautomática de calibre 223 de siempre acción.
3. Rifle, marca panther, modelo DLPM, fabricación norteamericana, semi automática, simple acción, calibre 308.

Se procede al primer disparo del arma Prietro Beretta del día 03 de agosto del 2021 a las 8:50 horas, a una distancia de 7 metros de distancia.

Los resultados que se obtienen como resultado del impacto por proyectil de arma de fuego, número 1 son los siguientes:

1. Fueron favorables ya que se puede observar con claridad el orificio de entrada y el orificio de salida, así como su trayectoria por el paso del simulador de tejido.

2. El simulador presenta daños de arma de fuego, y la correspondencia de características al calibre utilizado de igual modo se observa pólvora alrededor del orificio.
3. Se observa poco ahumamiento alrededor del orificio de entrada.
4. Velocidad registrada en el cronógrafo de medición balística: 550 m/s.
5. Se observa el cráter a consecuencia el impacto por el proyectil.

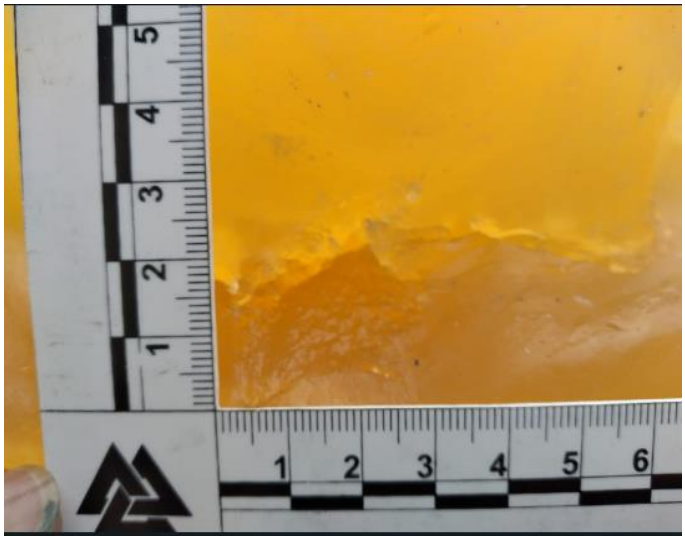


Fotografía Ana Laura León Granados.

Foto 1. Presentación de los resultados obtenidos por disparo del arma Prietro Beretta a 7 metros.

Con posterioridad se realiza el disparo del proyectil con el arma de fuego rifle de asalto a las 9:01 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 7 metros.

1. El tercer impacto es más fuerte sobre la gelatina balística y presenta más daños.
2. El orificio de entrada es difícil de observar, por las características de la gelatina que en el momento de efectuar el tercer disparo ya se encuentra dañada por las anteriores proyecciones y condiciones climáticas a las que se presentó la gelatina, ya antes mencionadas.
3. Se presentan proyecciones del prototipo, por impacto en la gelatina sobre la superficie sustentadora, y en el suelo.
4. Se observa zona de ahumamiento en el simulador de tejido.
5. Velocidad NO es registrada por el cronógrafo de medición balística.
6. Es difícil observar el cráter a consecuencia el impacto por el proyectil.
7. No se presenta fracturas radiales.

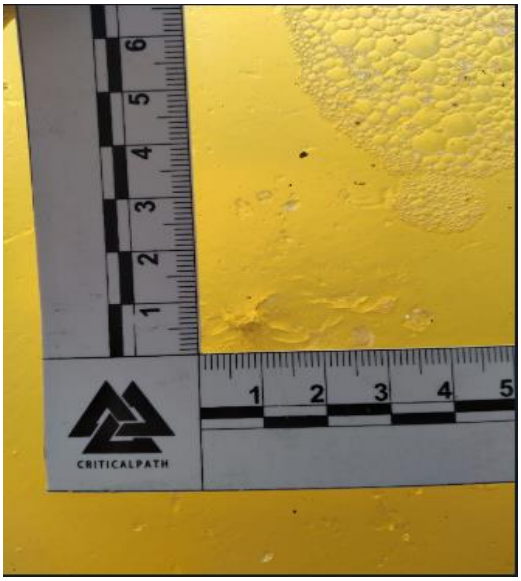


Fotografía Ana Laura León Granados.

Foto 1. Presentación de los resultados obtenidos por disparo del arma de fuego rifle de asalto a 7 metros

Subsiguientemente, se realiza el quinto disparo del proyectil con el arma de fuego rifle phanter a las 9:26 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 7 metros. En la que pudimos observar lo siguiente.

1. Se observa el orificio de entrada, el cual presenta ahumamiento.
2. La trayectoria es más visible que en el simulador 1.
3. Ambos orificios de entrada y salida presentan colorimetría negra.
4. La velocidad NO es registrada por el cronógrafo de medición balística.
5. Al momento del impacto el simulador es ligeramente empujado hacia atrás.
6. Se observa el cráter a consecuencia el impacto por el proyectil.
7. Presenta fracturas radiales.



Fotografía Ana Laura León Granados.

Foto 1. Presentación de los resultados obtenidos por disparo del arma de fuego rifle phanter de asalto a 7 metros

Discusión.

Dado lo anterior, se desarrollará un prototipo 3D de gelatina y jabón de uso en balística de efectos, a razón de que “de acuerdo con el Comité Internacional de Cruz Roja el jabón de glicerina y la gelatina al 10% o al 20% son los materiales comúnmente usados en numerosos laboratorios de balística de las heridas para simular los tejidos blandos, ya que tienen la misma densidad que éstos. Pero son diferentes en cuanto a la elasticidad y la transparencia. El ancho de la cavidad en cualquier punto del trayecto corresponde a la energía depositada en ese punto por el mismo proyectil” (CICR, 2008, p. 13).

A mediados de 1970, para estudiar la deformación de armaduras y protecciones,

> Se utilizaba la gelatina formulada al 20% como material principal. La gelatina balística requería el uso de una cámara de alta velocidad para grabar la deformación porque el medio era elástico y volvía a su forma original después del impacto del proyectil. (Pelayo, 2014, s/p)

Con lo que se permitía una apreciación más sensata y verídica al momento de realizar las mediciones pertinentes para determinar velocidades y grados de afectación.

Por consiguiente "La gelatina, rebajada al 10% y alcanzando y manteniendo 4ºC de temperatura, proporciona una textura muy similar a la de un cuerpo humano vivo." (Pérez, s. f., p. 18).

El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá tanto a la comunidad en general como científica, con interés por la Balística y sus diferentes variantes, entender que al utilizar un arma de fuego en contra de una persona, se genera un daño físico, y que es importante medir, incluso para efectos del proceso de investigación legal y penal, para determinar el grado de afectación e incluso determinar el grado al que se tiene que llegar con la reparación de daños. Siendo una investigación de tipo experimental, el daño generado por un proyectil de arma de fuego será medible solo a partir de un simulador de tejido, que es el prototipo ya elaborado de gelatina de uso en balística de efectos.

Conclusiones.

Con los resultados expuestos en la presente investigación de tipo experimental, observamos que existe una relación entre las distintas disciplinas de aquí radica la importancia que tiene la investigación. Así, hemos podido constatar que prototipos elaborados si son materiales simuladores de tejido de los seres vivos. Los cuales nos permiten observar cuales son las características particulares de los proyectiles de arma de fuego que dejan sobre los materiales.

Como parte del proceso de aprendizaje, se han obtenido resultados que permitan a la comunidad estudiantil de la licenciatura en criminología de la Universidad Autónoma de Querétaro. También se han conseguido las capacidades de búsqueda y estudio de otros estudios científicos de valor e importancia para incorporar líneas de conocimiento, que permitan a los estudiantes de donde extraer datos y conocimientos que ayuden a la realización de las tareas/proyectos y el reforzamiento de conocimientos.

Es importante mencionar que la investigación realizada y todos los recursos utilizados, siempre se requerirá de un nivel técnico, más avanzado, así como de herramientas que permitan aumentar los resultados que sustenten todas nuestras necesidades ya sea para cálculos ligeros como de

grandes simulaciones en la balística de efectos, como en las otras ramas que conforman la balística.

La importancia y el análisis de la balística como rama de la criminalística, específicamente de la balística de efectos, nos permite como ya se demostró conocer e identificar la trayectoria de un proyectil dentro del tejido humano, sino también poder precisar la consecuencia que produce el proyectil al penetrar o perforar la anatomía humana, en los simuladores, gelatina y jabón de uso balístico. Las heridas provocadas por un proyectil de arma de fuego son penetrantes o en su caso perforantes. Las heridas penetrantes son aquellas que suceden cuando un proyectil entra en un objeto y este no sale; en las heridas perforantes, el proyectil pasa completamente a través del objeto.

Al poder distinguir los mecanismos de lesión se hizo evidente que la energía que se trasmite desde el momento en el que el proyectil de arma de fuego es expulsado del cañón hasta impactar el simulador de tejido, la energía de golpe o trasferida determina el potencial de un proyectil para la ruptura del tejido, demostrando así, que el proyectil es capaz de impulsar hacia fuera el tejido que rodea la parte afectada lo cual produce la cavidad temporaria, más grande que el diámetro del proyectil. La elasticidad del tejido causa que la cavidad se colapse inmediatamente, de ahí el nombre de cavidad temporal.

La relación con las diversas áreas forenses, nos permiten sustentar como es la producción de una herida por arma de fuego, además el mecanismo de lesión que se produce, como si el proyectil perforó o penetro el tejido humano, sustentándolo en traumatología debido a las características que dejan las balas cuando estas toman una posición. A diferencia de otros objetos contundentes acelerados, este permite una penetración profunda o menos profunda en el tejido.

Los residuos producidos por disparo de arma de fuego encontrado en personas, que a través de pruebas como la prueba de parafina, Harrison, espectroscopia y barrido electrónico son aplicables en el ámbito forense.

Referencias bibliográficas.

Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR), (2008) Balística de las Heridas Introducción para los Profesionales de la Salud, el Derecho, las Ciencias Forenses, las Fuerzas Armadas y las Fuerzas Encargadas de Hacer Cumplir la Ley (Película Con Información Adicional), Ginebra, Suiza, ediciones referencia, p.13 de https://estudiocriminal.eu/wp-content/uploads/2017/03/Balistica-de-las-Heridas.pdf

Pelayo, A. (2014). Caracterización y análisis de material antidisturbios. Tecnalia, 37.

Pérez Vera, Ernesto (2012) Quadernos de criminología, Revista de Criminología y Ciencias Forenses. Universidad Camilo José Cela, Madrid, España. Año V, Numero 19,

Trimestral, p. 17. de https://www.yumpu.com/en/document/read/54037010/q.

“Intervención grupal en adicciones: el libro infantil como herramienta con adultos”

Autora: Valeria Mendoza García
UAQ, Facultad de Psicología
vmendoza18@alumnos.uaq.mx

Autora: Daniela Amairani Hernández Rangel
UAQ, Facultad de Psicología
dhernandez70@alumnos.uaq.mx

Asesora: Melissa Calderón Carrillo
UAQ, Facultad de Psicología
melissa.calderon@uaq.edu.mx

Resumen

A través de la intervención con dos grupos de personas bajo tratamiento en dos clínicas de rehabilitación de Querétaro, utilizando en uno de ellos la metodología psicoanalítica basada en Wilfred Bion, y en otro, la metodología cognitivo-conductual basada en Safran y Segal, en ambos, utilizando el libro infantil como herramienta, se buscó dar cuenta de los efectos cognitivos y/o subjetivos que tiene la utilización de la literatura infantil. Se observó que el libro infantil permitió dentro de las sesiones de terapia que los participantes hablaran sobre temas como la muerte y la pérdida, la relación con los otros, la familia, la salud física, el desempeño laboral, las emociones y su relación con el consumo.

Si bien se utilizan dos metodologías distintas, ambas intervenciones tienen en común el libro infantil, el cual fue utilizado con éxito en ambos grupos sin embargo, creemos que la intervención grupal está en constante movimiento lo que muestra que ésta herramienta puede utilizarse con cualquier otra metodología y población, y tener efectos positivos.

Palabras clave: Literatura, grupos, adicciones, Psicoanálisis, Cognitivo-Conductual.

Abstract

Through the intervention of two groups of people under treatment in two rehabilitation clinics in Querétaro, using in one of them the psychoanalytic methodology based on Wilfred Bion, and in another, the cognitive-behavioral methodology based on Safran and Segal, in both using, the children’s books as a tool, it was sought find out the cognitive and / or subjective effects that the use of children's literature has. It was observed that the children's book allowed within the therapy sessions that the participants spoke about topics such as death and loss, the relationship with others, family, physical health, work performance, emotions and their relationship with the consumption.

Although two different methodologies are used, both interventions have in common the children's book, which was used successfully in both groups, however, we believe that group intervention is in constant motion, which shows that this tool can be used with any other methodology and population, and have positive effects.

Keywords: Literature, groups, addictions, Psychoanalysis, Cognitive-behavioral.

Introducción:

En el año 2007, en el Centro Nacional de Información y Referencia de la Red de Drogas del Ministerio de Salud Pública de Uruguay, se utilizó en la intervención clínica en pacientes con consumo problemático de sustancias psicoactivas, al libro de ficción y a la lectura del mismo como herramientas terapéuticas, basándose en la relación que se establece entre el paciente y la lectura, a través de la cual se logró otorgarle a los pacientes el apoyo para la superación de sus conflictos psicológicos.

El uso del libro y lectura del mismo en la intervención clínica es conocido usualmente como biblioterapia, la biblioterapia es definida como el arte de curar las enfermedades por medio de la lectura (Buonocore, 1976: 91).

Cristina Deberti (2007) explica que existen distintos tipos de biblioterapia entre los cuáles está la biblioterapia clínica que se encarga de dar el apoyo para la superación de los conflictos psicológicos. Se usan así, al libro y la lectura como agentes terapéuticos, basándose en la relación que se establece entre el paciente y la lectura, la cual le proporciona a éste, el apoyo y soporte que necesita. Además, Deberti (2007), cuenta que obtuvo grandes resultados. Menciona que, a través de la lectura en voz alta, los pacientes se permitieron hablar sobre aquello de lo que no hablaban y, además, dieron lugar al sujeto que hay en ellos para dejar la etiqueta de "drogadicto".

Con lo anterior, nos preguntamos: ¿Qué efectos subjetivos y/o cognitivos conlleva el uso del libro infantil como herramienta en la intervención en dos grupos con problemas de adicción, al utilizar en uno de ellos la metodología psicoanalítica y en el otro, la metodología cognitivo-conductual?

Para ello, es necesario retomar al psicoanálisis desde la teoría de grupos de Wilfred Bion (1961) en su texto "Experiencias en grupos", donde establece dos tipos de grupos:

- Grupo de supuestos básicos: el grupo se relaciona a través de supuestos básicos que le impiden llegar a su objetivo: dependencia, ataque-fuga y aparejamiento.
- Grupo de trabajo: el grupo se relaciona a través de características específicas que le permiten llegar a su objetivo.

El libro infantil se introdujo en la intervención tras haber logrado que el grupo tuviese las características del segundo tipo.

En cuanto a la Terapia Cognitivo-conductual, Safran y Segal (1994), dos terapeutas cognitivos, retoman la Teoría Interpersonal de Harry Stack-Sullivan (1953), y establecen la Teoría Cognitiva Interpersonal (TCI), la cual parte de la relación terapéutica, como vía del cambio y de la consideración del paciente como parte del sistema interpersonal, en el que participa. La TCI se centra en tres mecanismos de cambio: a) el descentramiento; b) el desmentido experiencial; y c) la información de las disposiciones para la acción. La TCI trabaja con tres focos terapéuticos durante los cuales el terapeuta utiliza la interacción, para evaluar el "esquema interpersonal", asumiendo una posición de "observador participante" y convirtiéndose en una fuente propia de evaluación:

- Foco fuera de la sesión.
- Foco dentro de la sesión.
- Exploración de las disposiciones para la acción.

Se introdujo el libro dentro del foco dos, comunicando nuestros propios sentimientos y pensamientos surgidos a partir del libro infantil, para que posteriormente el paciente comunicara los suyos.

Retomando a Cristina Deberti, nos propusimos el reto de llevar a cabo la intervención en dos grupos de sujetos con problemas de adicción, pertenecientes a dos clínicas en la Ciudad de Querétaro, esta vez con literatura infantil y a través de las dos metodologías ya mencionadas.

Metodología:

La metodología de esta investigación tiene un enfoque de tipo cualitativo. Se eligió esta metodología debido a la importancia de reconocer los efectos subjetivos y emocionales que pueden presentarse en esta población al introducir el libro infantil como una nueva herramienta en la intervención psicoanalítica y en la intervención cognitivo-conductual en adicciones.

Se diseñó un cuestionario autodiligenciado que nos permitió diseñar las sesiones grupales y se realizó una lectura de al menos unos treinta libros infantiles, además de los ya conocidos por las investigadoras, para tener una base de datos donde hubiera información sobre los títulos posibles a utilizar y la respectiva temática abordada en ellos. Además, se realizó una lectura de al menos unos treinta libros infantiles, además de los ya conocidos por las investigadoras, para tener una base de datos donde haya información sobre los títulos posibles a utilizar y la respectiva temática abordada en ellos.

Una vez obtenidas las respuestas de los cuestionarios, las respuestas se organizaron en rubros como salud física, salud mental, desempeño estudiantil y/o laboral,

relaciones con los otros, relación con el consumo, relación con la lectura y finalmente, temáticas a trabajar.

Con la información recogida y organizada, se eligieron previamente temáticas y se llevaron libros infantiles relacionados con éstas, con el objetivo de que los pacientes hablaran sobre aquello que les decían las historias.

Se llevaron a cabo las diez sesiones en las respectivas clínicas donde los pacientes llevan a cabo su proceso de rehabilitación.

Al finalizar las diez sesiones, se planea realizar una última sesión de cierre donde se hable con los pacientes, haciendo un pequeño recorrido sobre lo hablado durante el desarrollo de la intervención.

Para el trabajo de campo, fue necesario realizar cartas de consentimiento informado tanto para las clínicas con las que se trabajó, como para los participantes del grupo terapéutico.

Resultados.

Resultados de cuestionario inicial:

A continuación, presentamos los datos obtenidos por dos clínicas de atención privada del Estado de Querétaro. En la clínica A, obtuvimos respuestas de una población de 24 personas, todos varones; mientras que en la clínica B, obtuvimos respuestas de 23 personas, siendo un grupo mixto.

Grupo A.

De acuerdo con los resultados, el promedio de edad de inicio de consumo de drogas lícitas es 13.05 años, en cuanto a drogas ilícitas es de 15.35 años. Ahora bien, el promedio de edad en el que se encontraban en rehabilitación, para el grupo A fue de: 28.83 años, donde la edad menor fue de 14 años, mientras que la mayor fue de 61. Las drogas más utilizadas son cristal, alcohol y marihuana. 14 participantes manifestaron estar por primera vez en tratamiento, 6 manifestaron que no. Aquellos que respondieron que no, mencionaron haber estado hasta 6 veces ya en tratamiento anteriormente. Las áreas que los participantes de la clínica A manifiestan haber sido afectadas por su consumo, siendo la relación familiar la más afectada, y le siguen la salud física, las relaciones sociales y el desempeño laboral y/o estudiantil.

Sobre su forma de vida, más de la mitad de los participantes manifestaron vivir con sus padres, mientras que el resto mencionaron vivir solos o con hijos. Acerca de su grado de estudios, la mayor parte de los participantes del grupo tienen como último grado la secundaria, le siguen primaria y preparatoria.

Los participantes mencionaron que las causas de su primer consumo fueron en su mayoría a través de amigos y/o familiares, usualmente en fiestas o por curiosidad.

Finalmente, fue importante para nosotras conocer su relación con la lectura. Cuando se preguntó sobre si se les había leído de niños, fueron más las respuestas a “no” que a “sí”, sin embargo, aquellos que respondieron que sí, mencionaron que fueron figuras maternas en lugar de figuras paternas quienes les leyeron.

Al preguntar qué leen, obtuvimos respuestas como: acción, revistas de ciencia, la biblia, novelas, ciencia ficción, sobre salud y alimentación, aprendizaje personal, noticias, historietas, deportes, libros históricos y sobre AA.

Grupo B.

De acuerdo con los resultados, el promedio de edad de inicio de consumo de drogas lícitas es 15.77 años, en cuanto a drogas ilícitas es de 16.2 años. El promedio de edad en el que se encontraban en rehabilitación, para el grupo B fue de: 26.46 años, donde la edad menor fue de 14 años, mientras que la mayor fue de 47 años. Las drogas más utilizadas por este grupo son alcohol, cristal y marihuana. 11 participantes manifestaron estar por primera vez en tratamiento, 12 manifestaron que no. Aquellos que respondieron que no, mencionaron haber estado hasta 5 veces ya en tratamiento anteriormente. Las áreas que los participantes de la clínica B manifiestan haber sido afectadas por su consumo, siendo la relación familiar la más afectada, seguida por las relaciones sociales, el desempeño laboral y/o estudiantil y la salud física, siendo la salud mental y la relación con la pareja las menos mencionadas.

Sobre su forma de vida más de la mitad de los participantes manifestaron vivir con sus padres, mientras que el resto mencionaron vivir con su pareja e hijos, solos o con la pareja únicamente. Acerca de su último grado de estudios, la mayor parte de los participantes tienen como último grado de estudios la secundaria o la

preparatoria, seguidos por la licenciatura y sólo dos de ellos, la primaria.
Los participantes mencionaron que la causa de su primer consumo fue a través de amigos y/o familiares, en fiestas o por curiosidad, solo uno respondió que buscó sentirse aceptado en su círculo social.
Finalmente, fue importante para nosotras conocer su relación con la lectura. Cuando se preguntó sobre si se les había leído de niños, fueron más las respuestas a "sí" que a "no", aquellos que respondieron que sí, mencionaron que fue la madre, ambos padres, abuelas, tías o profesores quienes les leyeron.
Al preguntar qué leen, obtuvimos respuestas como: física, terror, ciencia ficción, la biblia, sobre el espacio, superación personal, investigaciones, leyendas, mitos, psicoanálisis, filosofía, psicología, historia, metafísica, cultura, espiritualidad, noticias, novelas y sobre autoayuda.

Comparación entre grupos:

Comparando los resultados de ambos grupos en los cuestionarios iniciales, notamos que el grupo de la clínica A tuvo un promedio menor de edad de inicio de consumo tanto en drogas lícitas como ilícitas, en la primera de dos años y en la segunda de un año de diferencia con el grupo de la clínica B.

Se reconoce que en ambos grupos la edad menor es de 14 años, y se observa además, que la diferencia de dos años entre el grupo A y el grupo B, podría deberse a que en el primer grupo, existen participantes edades mucho mayores a la mayor edad presentada en el grupo B. También se menciona que las edades más repetidas para el grupo A fueron 19 y 20 años, mientras que en el grupo fue 23 años de edad.

Los grupos coinciden en las drogas más comúnmente probadas teniendo en primero lugares la marihuana, el cristal, la cocaína y la piedra. Las drogas frecuentemente consumidas por ambos grupos coinciden, siendo éstas el alcohol, el tabaco, la marihuana y el cristal.

Ambos grupos coinciden en las razones para el primer acercamiento a la droga: por amigos y/o familiares, en fiestas y/o por curiosidad.

De igual manera, las áreas más afectadas para ambos grupos son las relaciones familiares, las relaciones sociales y el desempeño laboral/estudiantil.

En ambos grupos fueron más los participantes que se encontraban por primera vez en rehabilitación. Sus razones a pesar de ser para algunos de los participantes del grupo A, la entrada de manera involuntaria, se menciona en ambos grupos el mejorar las relaciones familiares, encontrar cambios en ellos mismos y dejar de consumir. Sus expectativas en el tratamiento se veían precisamente dirigidas a mejorar sus relaciones familiares, dejar de consumir y mejorar su desempeño físico.

Por último, aunque en el grupo A tuvimos más participantes a quienes no se les leyó de niños, mientras que en el grupo B tuvimos más participantes a quienes sí se les leyó de niños, es interesante que para aquellos que sí se les leyó, en ambos grupos se mencionaron figuras femeninas tales como la madre, la abuela, la tía y/o hermana con mayor frecuencia que a figuras masculinas.

Análisis general de las sesiones:

Grupo A.

Tabla 1. Temáticas y libros trabajados en las sesiones: Grupo A

Sesión 1 Libros	Madre y padre, relación familiar con cuidadores Mi mamá y Mi papá de Anthony Brown
Sesión 2 Libros	¿Quién soy? ¿Qué me gusta ver en mí y qué no? ¿Qué del libro me recuerda a mí? A veces de Claudia Rueda. Ser y parecer, de Isol.
Sesión 3 Libros	Hablar sobre la locura Greta la loca de Geert de Kockere
Sesión 4 Libros	Hablar sobre la angustia y la preocupación

	El Árbol Rojo, de Shaun Tan y ¿Qué tal sí? de Anthony Brown
Sesión 5 Libros	Hablar sobre amistad y amor La vida sin Santi, de Andrea Maturana. Enamorados, de Rébecca Dautremer
Sesión 6 Libros	Hablar sobre pérdida y muerte El pato y la muerte, de Wolf Erlbruch. Nana Vieja, de Margaret Wild.
Sesión 7	Retomar lo hablado en las sesiones 1 y 2, para hablar sobre cómo se veían, cómo se ven y cómo quieren verse.
Sesión 8 Libros	Retomar lo hablado en la sesión 3 y 4, para hablar sobre formas de vivir, pensarse en espacios agradables para ellos, pensarse en el exterior antes de la rehabilitación y ahora que están en ella. Camino a casa de Jairo Buitrago
Sesión 9 Libros	Retomar lo hablado en las sesiones 5 y 6, para hablar de sus relaciones con los otros, pensarse como pareja y amigos, y sobre aquello que quieren cambiar. Además, pensar en la vida como un proceso, donde han aprendido de otros, han enseñado y enseñarán a otros. De vuelta a casa de Oliver Jeffers, Jack y la muerte de Tim Bowley y Natalie Pudalov.
Sesión 10 Libros	Retomar la actividad final de la sesión nueve, responder cuestionarios finales, despedirnos con libros que hablen sobre ello. Bandada, David Daniel Álvarez y María Julia Díaz Garrido. Si yo fuera grande y fuerte, de Agnés Laroche. Es así, Paloma Valdivia

Análisis general de las sesiones:

Durante las sesiones, los participantes hablaron de las relaciones que tenían, tienen y les gustaría tener con sus padres, madres, hermanos, amigos y parejas. También se habló sobre la importancia que tiene mirarse en el espejo y las diferencias que han notado en ellos de cuando consumían a cuando dejaron de consumir y se dieron cuenta que sus relatos eran parecidos a los de sus otros compañeros. De igual manera, hablaron sobre aquello que los hacía sentir tristes y angustiados, sobre la experiencia dentro de rehabilitación y sus expectativas al salir de ella. Además, hablaron sobre su experiencia ante la muerte y su perspectiva de ella. Por último, se crearon actividades en las que los participantes hablaron sobre sus formas de vida, donde lograron pensarse en el exterior tras la rehabilitación. Cuando nosotras lo veíamos necesario, se utilizaron preguntas detonadoras, para profundizar en lo que los participantes compartían.

Grupo B.

Tabla 2. Temáticas trabajadas en las sesiones: Grupo B

Sesión 1 Libros	Hablar sobre amor y pareja La vida sin Santi, de Andrea Maturana. Enamorados, de Rébecca Dautremer
Sesión 2 Libros	¿Quién soy?, ¿Qué de los libros me identifica? A veces de Claudia Rueda. Ser y parecer, de Isol.
Sesión 3 Libros	Hablar sobre el grupo y su relación, el trabajo en conjunto, y sus roles dentro de él. Sencillamente tú, Heinz Janisch. Yo voto por mí, Martin Baltscheit.
Sesión 4 Libros	Hablar sobre la angustia y la ansiedad El árbol rojo de Shaun Tan, La cabeza en la bolsa de Francisco Segovia y Marjorie Pourchet
Sesión 5 Libros	El duelo y la pérdida. El pato y la muerte, Wolf Erlbruch. Es así, Paloma Valdivia.

Sesión 6 Libros	Hablar sobre la relación con los otros, sobre el cuerpo y sobre el bullying. Juul, Gregie de Maeyer y Koen Vanmechelen.
Sesión 7 Libros	Hablar sobre la familia y los cuidadores principales. Ahora no, Bernardo de David McKee. Imposible de Isol.
Sesión 8 Libros	Hablar sobre la ansiedad por el futuro. Camino a casa, Jairo Buitrago. Los días raros de María Fernanda Heredia y Roger Ycaza.
Sesión 9 Libros	Hablar sobre lo que sueñan ser, sus deseos para el futuro y su futuro propio. Willy el soñador de Anthony Brown. El domador de sueños, Nicolai Troshinsky
Sesión 10 Libros	Realizar cuestionarios finales, despedirnos con los cuentos. La pregunta del elefante,Leen van den Berg. De vuelta a casa, Oliver Jeffers.

Análisis general de las sesiones:

Durante las sesiones, los participantes lograron hablar sobre sus relaciones de pareja, su relación con los otros, el cuerpo y su experiencia con el bullying, además de su relación como grupo y las problemáticas que enfrentan dentro del centro de rehabilitación, así como la importancia de la comunicación dentro del mismo. Los participantes también hablaron sobre su relación con su familia, tanto como hijos e hijas, como padres o madres. Hablaron sobre lo que les causa angustia y ansiedad, sobre su experiencia ante la muerte y su perspectiva de ella. Finalmente, se habló sobre el futuro, sus metas a seguir y sus planes tras salir de rehabilitación. Cuando nosotras lo veíamos necesario, se utilizaron preguntas detonadoras, para profundizar en lo que los participantes compartían.

Resultados de cuestionario final:

Para el término del grupo, se realizó un cuestionario final. Este fue hecho en su mayoría, a través de preguntas abiertas.

Se diseñaron dos cuestionarios, uno para aquellos pacientes que tenían menos de 5 sesiones con nosotras y otro para aquellos que estuvieron 5 o más, esto debido a que durante las intervenciones algunos pacientes llegaron no al inicio sino durante la misma.

Los participantes considerados nuevos, del grupo A, estuvieron entre 1 y 4 sesiones. Las áreas que mencionaron tener cambios fueron la salud mental y las relaciones sociales en su mayoría, le siguen la salud mental, las relaciones familiares y el desempeño laboral/estudiantil. Se mencionó en una ocasión la autoestima. La gran mayoría mencionaron que recomendarían la literatura infantil ya que les ayudó, les recordó su niñez, les dio apoyo psicológico, les permitió cultivar su conciencia, mejoró su forma de ver cómo se relacionan con los demás y/o a valorar la vida. Aquellos que no respondieron que sí, no respondieron nada.

En cuanto al cuestionario aplicado a los participantes que pasaron más tiempo en la intervención, el número de sesiones fue entre cinco, siete y diez, siendo esta última la mayoría. Los participantes en su mayoría mencionaron ver cambios en sus relaciones familiares y relaciones sociales. Aunque también mencionaron en su mayoría, cambios en ellos mismos. En cuanto a las relaciones de pareja, mencionaron detectar cambios pero no saberlo con certeza ya que no tenían pareja o no habían podido estar en contacto con ella. Con respecto a su consumo, mencionaron en su mayoría sentir un cambio, hubo algunos que mencionaron no estar seguros del cambio ya que manifestaron necesitar salir para comprobarlo. En cuanto a la literatura, todos mencionaron que la recomendarían a personas que han pasado por el consumo. Además, en su mayoría les gustaría continuar leyendo libros infantiles y compartirlos con otros.

Los participantes del grupo B, solo tres de ellos fueron considerados como pacientes nuevos, el número de sesiones fue entre 2 y 3. Las áreas con mayores cambios mencionadas fueron salud física y mental, relaciones

familiares y de pareja. Los tres mencionaron que sí recomendarían la lectura a personas que han pasado por el consumo ya que puede permitir a otros analizar lo que está mal en sus vidas, puede ayudar en su recuperación y de manera psicológica.

Sobre los participantes con más tiempo en el grupo B, el número de sesiones tomadas estuvo entre 5, 6, 8 y 10, siendo éste último la mayoría. Las áreas en las que más se mencionó tener cambios fueron las relaciones familiares y consigo mismos. Aunque también mencionaron detectar cambios en su relación con amigos y pareja. En cuanto a su consumo, la mayoría de ellos mencionaron detectar cambios, sólo dos respondieron que no y uno de ellos, mencionó que necesita salir de rehabilitación con el fin de comprobarlo. Todos, a excepción de una persona (quien no respondió esa pregunta), respondieron que recomendarían la literatura infantil a personas que han pasado por el consumo. Además, en su mayoría les gustaría continuar leyendo libros infantiles y compartirlos con otros.

Discusión y Conclusiones:

Los resultados del cuestionario inicial arrojaron que los principales motivos de iniciación a través de las fiestas, por curiosidad, y con familia y/o amigos. En cuanto a las drogas más utilizadas, los resultados arrojaron el alcohol, la marihuana y el cristal en ambos grupos. La información coincide con respecto al factor de la curiosidad, de acuerdo con la investigación realizada por Sánchez-Huesca y Fernández Cáceres, en los Centros de Integración Juvenil en México. La población investigada constó de 24 728 usuarios de drogas, y sus resultados arrojan que: “Tanto hombres como mujeres reportan como principal motivo de iniciación la curiosidad, entendible si ubicamos que estarían en pleno periodo adolescente, caracterizado, entre otras expresiones conductuales, por una búsqueda de nuevas experiencias. Es importante notar que las drogas socialmente aceptadas y por tanto fácilmente asequibles –tabaco y alcohol–, son las principales sustancias de inicio. La disponibilidad es uno de los factores básicos asociados al consumo” (2014, p. 22). Si bien, en nuestra investigación, el cristal es una de las drogas más frecuentes, creemos que esto es posible, debido a que ahora, la disponibilidad de la misma es mayor en comparación con el año en que se realizó la investigación de Sánchez-Huesca y Fernández Cáceres. Estos resultados muestran que la disponibilidad también tiene relación con el círculo cercano familiar y social, y la forma en que el uso de estas drogas es visto en el contexto de los participantes.

Durante las sesiones una constante era la relacionada con el funcionamiento a nivel institucional y cómo es que éste influía en el proceso de rehabilitación de los pacientes de ambas clínicas.
Las actividades durante el proceso de rehabilitación, las personas que están a cargo de éstas y la rutina diaria son algunos de los factores que fueron mencionados en ambos grupos, a pesar de tratarse de dos instituciones distintas, con metodologías distintas, estos resultados arrojan que la manera en que es llevado el proceso de rehabilitación influye en el mismo.

A través de ambas intervenciones, logramos dar cuenta que a pesar de tener libros planeados para cada sesión, apoyadas de los cuestionarios iniciales, fue necesario, como puede apreciarse si se comparan los libros utilizados en cada grupo, modificar y repensar qué libros y en qué momentos, serían adecuados para determinadas sesiones. Lo anterior, siempre de la mano de las metodologías utilizadas, pero considerando que dentro de los grupos las relaciones que se forman en ellos, tienen que ver con la entrada, permanencia y salida de cada participante que los conforman y, como ya dijimos, de la forma en que es llevado el proceso de rehabilitación según la clínica.

De acuerdo con lo hablado por los participantes en las sesiones, el grupo A mencionó en distintas ocasiones que su vida se relacionaba con la de los personajes de las historias, lo que les permitía pensar en las diferencias y semejanzas que tenían con ellos, y así poder hablar de su vida reflejada en la de los demás. En las ocasiones en las que los participantes no se identificaban con los personajes o las historias, el libro era utilizado como

puente para hablar sobre su experiencia en el consumo, antes, durante y después de él.

En cuanto al grupo B, los participantes mencionaron identificarse con los personajes de las historias, con lo que los personajes decían y sentían e incluso con lo que vivían. Así, lograron hablar sobre su propia experiencia en determinados ámbitos de sus vidas. El libro infantil, funcionó para este grupo, como un puente para hablar sobre las problemáticas que existían entre ellos y cómo es que estas afectaron su forma de relacionarse y en su proceso de rehabilitación.

Referencias bibliográficas:

Deberti Martins, Cristina. (2007). La biblioterapia aplicada a pacientes con consumo problemático de sustancias psicoactivas. Revista Itinerario, mayo No. 7. Obtenido de: https://itinerario.psico.edu.uy/revista%20anterior/LabiblioterapiaaplicadaapacientesconConsumoproblematicodesustancias.htm

Hernández, Nicolás & Sánchez, Juan. (2007). "Manual de la psicoterapia cognitivo-conductual para trastornos de la salud." (Primera Edición). Libros en Red. Obtenido de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EzlwZg_aH6AC&oi=fnd&pg=PA9&dq=metodolog%C3%ADa+cognitivo+conductual&ots=VMna6nxTpS&sig=XF5Bh0eotmPy8O3GY9pre-8M8HI#v=onepage&q=metodolog%C3%ADa%20cognitivo%20conductual&f=false

Iturbide, Luis. (2016). "El Método Psicoanalítico" en: Psicología Dinámica. Un proyecto de: Universidad de Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Obtenido de: https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/13438/mod_resource/content/1/El%20m%C3%A9todo%20psicoanal%C3%ADtico%20de%20Freud%20%28texto%29.pdf

Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas.

Osuna, M., y Rodríguez, J. (2004). Aportaciones de la psicología dinámica a los grupos: su utilidad en el trabajo con equipos educativos. En: Educación Social: revista de intervención socioeducativa Barcelona No. 27, mayo-agosto; Pp. 169-177. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/39208707_Aportaciones_de_la_psicologia_dinamica_a_los_grupos_su_utilidad_en_el_trabajo_con_equipos_educativos

Prado-Abril, J., García-Campayo, J., Sánchez-Reales, S. (2013). Funcionamiento de la terapia cognitivo-interpersonal en los trastornos de la personalidad: estudio de dos casos. Revista de Psicopatología y Psicología Clínica, 18(2), 139-149.

Safran, J., y Segal, Z. (1994). El proceso interpersonal en la terapia cognitiva. Buenos Aires: Paidós.

Sánchez, R., y Fernández, María del Carmen. (2014). El perfil de los consumidores de drogas. En: Revista Ciencia. No. 65, enero-marzo; Pp. 18-25. Obtenido de: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/65_1/PDF/PerfilUsuarios.pdf

Wilfred, B. (1961). Experiencias en grupos. México: Paidós.

“Autorepresentación frente a violencias institucionales sobre bailarinas”

Leticia Nieto Lamadrid

Asesora: Tanya González García, Facultad de Psicología UAQ

Contacto: leticia.nieto.lamadrid@gmail.com

Resumen

Se trabajó una intervención social con bailarinas estudiantes y egresadas de danza contemporánea del Colegio Nacional de Danza Contemporánea con el objetivo de propiciar la reapropiación del cuerpo mediante sus reflexiones y autorepresentaciones corporales para explorar similitudes y aproximaciones sobre las vivencias del *cuerpo disciplinado* en su camino para la generación de una estética corporal de danza. La metodología produce autorepresentación grafica mediante mapas corporales y autorretrato fotográfico. Representan la diversidad de cuerpos y narrativas en la danza y que en ocasiones, se encuentran encasilladas o sometidas por el *deber ser* impuesto por un conjunto de instituciones imaginarias sociales que operan como violencias. El espacio compartido entre las participantes fue percibido como *lugar seguro* y comenzó el tejido de una red de apoyo entre ellas. Se concluye que, aunque los relatos fueron distintos, hay una posibilidad de encontrarse en el dolor, la alegría, la angustia, la dicha del otro. Se enuncia que todos los seres humanos merecemos tener una relación pacífica con el cuerpo que habitamos.

Palabras clave: corporalidad, autorepresentación, disciplina, violencia, danza, mujeres

Abstract

This social intervention project worked in collaboration with dancers, students and graduates of contemporary dance from the National College of Contemporary Dance, whose objective was to promote the reappropriation of the body through their reflections and bodily self-representations while exploring similarities and approaches about the experiences of the disciplined body on its way to the generation of a dancer-body aesthetic. The methodology put into practice was a technique called Body Maps and Photographic Self-portrait. The graphic content created by themselves, reflect the diversity of bodies and narratives that exist in dance and that sometimes are pigeonholed or subjected by the duty to be imposed by a violent set of imaginary social institutions. The shared space among the participants was perceived as a “safe place” and created a weaving of support network among them. It is concluded that, although the stories were different, there is a possibility of finding oneself in the pain, the joy, the anguish, the happiness of the other. Finally, it´s stated that all human beings deserve to have a peaceful relationship with the body we inhabit.

Key words: corporality, self-representation, discipline, violence, dance, women

Introducción

Intervención enmarcada en la Licenciatura en Psicología Social de la Universidad Autónoma de Querétaro con objetivo de propiciar la reapropiación del cuerpo de bailarinas de danza contemporánea mediante reflexiones singulares y colectivas, y la producción de autorepresentación gráfica: mapas corporales y fotografías, para visibilizar distintas corporalidades en la trayectoria de su formación profesional en el Colegio Nacional de Danza Contemporánea (CONADACO).

El centro son las experiencias de bailarinas de danza contemporánea con la finalidad de explorar alternativas para enfrentar violencias sistémicas en las similitudes y aproximaciones sobre las vivencias

del *cuerpo disciplinado* en su camino para la generación de una estética corporal de danza.
Surgió de una experiencia personal durante el bachillerato y el primer año de licenciatura en danza contemporánea en el CONADACO, los temas recurrentes de conversación en el gremio donde surgen las siguientes inquietudes:

- ¿Cómo se transforma y se construye la corporalidad de las mujeres antes, durante y después de la profesionalización en danza contemporánea?
- ¿Cómo sienten y significan el cuerpo después de haber experimentado exigencias disciplinarias?
- ¿Cómo pensar el cuerpo desde la mirada "estética" de la danza contemporánea?
- ¿Qué prácticas corporales conservan una vez que egresan o salen de la escuela?

Los siguientes criterios de inclusión fueron:

1. Mujeres
2. Que hayan cursado o cursen al menos un año en formación escolarizada oficial de Danza Contemporánea en el Colegio Nacional de Danza Contemporánea.

Es probable que las exigencias de modelos corporales *estéticos* sean mayores en mujeres porque:
1) el porcentaje de población de varones estudiantes de danza en el CONADACO es menor al de mujeres. En ciclo escolar 2020, en la matrícula de bachillerato hay 15 estudiantes de los cuales 14 son mujeres y 1 es hombre, en el caso de licenciatura están inscritos 54 estudiantes de los cuales 50 son mujeres y 4 son hombres.
2) la danza como arte femenino: las mujeres en la danza han sido en su gran mayoría protagonistas y pioneras de cambios para la disciplina; de su relevancia surgen interrogantes sobre sus cuerpos: ¿de qué manera vive la mujer su cuerpo?, ¿cómo lo percibe?, ¿cómo se determina el cuerpo de la mujer? (Tortajada, 2011)
El cuerpo es intervenido desde distintos ámbitos, disciplinas y técnicas a lo largo del tiempo. Mediante la transmisión de saberes se han construido ideas sobre cómo *debe* verse, cómo *debe* moverse y cómo *debe* modificarse un cuerpo para alcanzar su mejor desempeño. Este camino del *deber ser* de un cuerpo se transita en espacios de danza contemporánea, surgen opiniones diversas en torno a las formas y discursos que por mucho tiempo se han instituido. Por lo tanto, fue de interés analizar las formas en que las bailarinas construyen su idea de cuerpo, cómo han interiorizado las estéticas *esperadas* y cómo llevan estas formas a su vida cotidiana fuera de la danza, en relación la institución en tanto "normas, valores, lenguaje, procedimientos, herramientas y métodos de hacer frente a las cosas y de hacer cosas" (Castoriadis, 1981: 67). Se identificó cómo han lidiado con la percepción del cuerpo propio y el ideal del cuerpo de la bailarina, las mujeres que pasaron por un proceso de escolarización profesional de la danza.
El *cuerpo* y lo *profesional* se encuentran atravesados por ideas de competencia y meritocracia instituidas en el proceso educativo, de lo que se desprenden pensamientos y sentimientos de reconocimiento, esto se encuentra en tópicos de conversación en la vida cotidiana: aquellos que piensan que si terminan la carrera merecen más mérito que los que no terminaron, aquellos que cuentan con un índice de grasa corporal menor, aquellos que piensan que si se les *botan* las clavículas son más hermosos, aquellos que piensan que si sus piernas son más largas pueden más, entre muchas otras cuestiones. Así se crean y reproducen discursos que alimentan a una hegemonía del cuerpo ideal y deciden qué cuerpos merecen ser vistos y cuáles no son dignos de ello.
Hay una delgada línea entre corregir y juzgar, que parece diluirse a lo largo del tiempo en la escolarización de la danza. Se hace cada vez más evidente la generación de un cambio en la percepción del cuerpo de las bailarinas en la danza donde ya no se le da tanta importancia en términos orgánicos de movimiento, sino que se *califica* y *categoriza* por su apariencia. Cada persona está dotada con un registro corporal desde el nacimiento, cuestiones como el ancho de los huesos, el largo de los brazos, lo corto del tronco no pueden ser cambiadas a corto- mediano plazo o incluso nunca, en ocasiones, son estos aspectos de los que nacen las críticas. A veces parece que los y las docentes se olvidan de que el cuerpo sí

aprende y el cuerpo siente, por lo tanto, sería propicia la generación de un espacio libre de tensión y vergüenza al ver los cuerpos reflejados en un espejo.
En el proceso educativo operan dos roles fundamentales para que se lleve a cabo: quien enseña y quien aprende. Quién enseña, se enviste de poder por la institución que le permite ser considerado como una autoridad a la que se le *debe* obedecer y hacer caso porque posee información que los demás aún no conocen. Por el otro lado está quién aprende, para lograr el aprendizaje obedece, se caracteriza por que no sabe, no conoce, tiene acciones limitadas: habla cuando se le otorga permiso, en algunos casos necesita aprobación para ir al baño, en el caso de la danza escolarizada, porta mallas ceñidas al cuerpo, cabello recogido en el caso de mujeres y hombres y los tatuajes se cubren con maquillaje al ir a función. Hasta este momento sería percibida como una suposición derivada de la experiencia individual y su narrativa decir que el proceso educativo es violento, por ello interesó conocer formas de enseñanza y aprendizaje desde el relato de estudiantes, egresadas y profesionistas de la danza contemporánea:

> Los alumnos a menudo callan, no se permiten hablar de aquello que les incomoda o les afecta. La enseñanza dancística se arraiga a una tradición que utiliza comentarios desalentadores y un torrente de exigencias que muchas veces el alumno no puede cumplir (Pacheco, 2007: 11)

Hablar de las prácticas correctivas en la danza y la reproducción de acciones que dejan en ridículo a las y los alumnos sería hablar de una violencia sistémica: "se ejerce en una institución, dificulta el proceso de aprendizaje, es sustentada por la tradición y tiende a ser sutil, es casi imperceptible" (Pacheco, 2007: 11) En ocasiones, los maestros repiten acciones que en su forma de trabajar parecen normales y con el pretexto de que *les enseñaron así*, sin embargo ¿no causa inquietud el hecho de que el grupo entero se ponga frente a dos compañeras por instrucción del maestro para ver cómo ellas saltan y que éste comience a hacer un ruido: *brrrr brrr*, en relación al movimiento de sus piernas? Cuando hay una relación asimétrica de poder, quien se encuentra más arriba en la estructura emite palabras, evaluaciones, opiniones, juicios, que con dificultad se cuestionan ya que esto implicaría desbalancear aquello que da solidez a la institución, aquello que se ha ido construyendo al paso del tiempo: ideales, creencias, poder, mediante normas, valores, herramientas, procedimientos.
Una de las tareas del diagnóstico fue hacer visibles algunas secuelas que las bailarinas del CONADACO experimentan y de la intervención producir autorepresentación mediante la gráfica para contribuir a la reapropiación de sus corporalidades.

Metodología

Se realizó el diagnóstico entre agosto y diciembre de 2020 y la intervención en 2021.

El diagnóstico del griego *día a través de* y *gnosis conocimiento,* es decir, "conocer a través de" (Aguilar y Ander-Egg, 1999: 12), es un elemento necesario para captar fragmentos de la realidad que permitan conocer la situación en este caso con las corporalidades danzantes.

El diagnóstico consistió en rastrear miradas sobre concepciones de los cuerpos de la bailarina, descontentos hacia cómo se corrige o cómo se habla de este y la necesidad de generar un cambio en las maneras de percibirlo, para lo cual se realizó: 1) nentografía en redes sociales digitales; 2) experiencias habladas en entrevistas iniciales; 3) documentación sobre el cuerpo en la danza contemporánea para colocarlo en un contexto socio-histórico; y 4) mediante imágenes en programas de mano.

El objeto de diagnóstico fue el proceso en el que se institucionaliza un ideal del cuerpo de la bailarina: un cuerpo hegemónico. Para ello se identificaron las prácticas, instrumentos, discursos que refieren al cuerpo ideal en su trayectoria formativa para ser bailarina profesional. El proceso de institucionalizar un cuerpo pasa por todos los componentes con los que Castoriadis (1981) define una institución: normas, valores, lenguaje, procedimientos, herramientas y métodos. El cuerpo de la bailarina transita por normas dictadas por reglamentos escolares, pasa por lenguajes especializados y también por métodos dentro de las técnicas disciplinarias. El cómo se institucionaliza el cuerpo tiene que ver con cuántas horas dedican a la práctica, cómo son evaluadas,

cuántas horas pasan frente al espejo, de qué otros temas de conversación hablan, eso que hace que ese cuerpo se instale como hegemónico: un cuerpo que requiere mucho tiempo y esfuerzo.

¿Qué produce ese proceso de institucionalización en las bailarinas? Esta pregunta orientó la identificación de consecuencias a nivel subjetivo y relacional y qué identifica como necesario para que ese proceso no afecte de manera negativa y no produzca o mitigue daños en la forma en que ellas se perciben.

El fin del diagnóstico no fue decirle al CONADACO que sus formas de enseñanza son erróneas, más bien, buscó replantear las prácticas y discursos para lograr el objetivo que es pensar la danza como una práctica para disfrutarse y no sólo pensarla, sino danzar gozándolo.

La intervención consistió en un taller virtual de **mapas corporales** con 1 sesión semanal con duración de 5 semanas. De cada sesión las bailarinas hicieron una fotografía desde el método del **autorretrato** con la intención de que se sintieran identificadas con sus propios cuerpos mediante la autorepresentación que surge de su propia mirada.

Los Mapas corporales es una estrategia que

> aborda la corporeidad como un lugar por el que fluye el trazado de construcciones intersubjetivas que regulan al sujeto, permitiendo textualizar procesos subjetivos que, con las estrategias tradicionales del método biográfico, quedan invisibles, en tanto, lenguajes semiótico-materiales encarnados. (Silva, Barrientos, Espinoza-Tapia, 2013: 163)

Un objetivo específico fue generar un registro de las palabras y acciones que envuelven al cuerpo danzante que tiende a quedar en lo efímero, por lo tanto, al trazar el propio cuerpo: hacer una *cuerpografía* se puede poner en evidencia la institucionalización de este y su tránsito, una grafía como representación de su propia corporalidad.

El autorretrato se llevó a cabo como una técnica para hacer visible que los cuerpos danzantes son distintos, tienen peculiaridades y manifiestan la personalidad genuina de su autor (Juame Camats i Petanas, 2015). Lo que contribuye al segundo objetivo específico que fue romper con el mito de que se debe tener un cuerpo *ideal* para danzar y con ello reconocerse en las imágenes que ven y sienten re-presentadas por ellas.

Los instrumentos de registros de información para valorar los resultados de la intervención fueron:

> +Diario de campo: en libreta, pluma y escrito a mano, se escriben pensamientos y sentires entorno a su realización.
>
> +Grabación de sesiones virtuales: Como uno de los puntos del consentimiento informado las participantes autorizan la grabación de las sesiones del taller con el fin de regresar a ver el video ante las dudas al momento de la sistematización.
>
> +Fotografías: Antes de finalizar cada sesión como parte del registro de la asistencia.

Seguridad en campo es importante reconocer que existen vulnerabilidades al momento de trabajar en campo, previo al arranque del taller se identificaron las siguientes:

Una de las principales vulnerabilidades está relacionada a que existe una necesidad de mirarnos frente a frente, de querer ir, de querer moverse. Pero, ante la contingencia por Covid-19 fue imposible realizar un trabajo presencial.

Estrategias de cuidado se implementadas:

- Se creó un grupo de Whatsapp para avisos: demoras un poco más para conectarse a la sesión para respetar el tiempo de las otras, la puntualidad, entre otras eventualidades.
- Para hacer trabajo corporal fue necesario entender que todas realizan actividades distintas y cada una llevaría su ritmo de movimiento. Por lo que fue importante enfatizar que no era necesario/obligatorio que las participantes realizaran ciertos movimientos sino cada una ir a su ritmo.

Sobre algunos elementos, si el llanto venía en alguna de las participantes, ¿qué tocaba hacer? ¿qué nos imaginamos para hacer? Unas formas fueron:

- Respetar los silencios.

- Dar tiempo para respirar y recuperar la voz.
- Dar lugar a todos los afectos. Por ejemplo decir "gracias por tu sensibilidad"
- Dar espacio, seguir con otra participante y cuando se sientiera a gusto, poder regresar con ella.

Como programa psicosocial nos comprometimos a:

- Confidencialidad y resguardo de la información
- Retribución sistematizada de la experiencia
- Brindar información sobre métodos, formas y consecuencias del programa de manera individual, grupal y/o institucional según fuera el caso.
- Este programa no tuvo fines lucrativos, las convocatorias y resultados llevan el escudo de la institución para hacer visible de donde vienen los recursos que lo hacen posible.

Resultados

Se presentan resultados del diagnóstico e intervención.

Desde la netnografía se propone "entender la realidad social que se está produciendo en el contexto online donde millones de personas conviven, se expresan e interactúan a diario" (del Fresno, 2011:17) se seleccionaron publicaciones referentes a cuerpos que danzan que muestra como bailarinas y bailarines de diversas técnicas y espacios geográficos, como una convivencia que permiten los espacios virtuales, han puesto en palabra su inconformidad sobre situaciones como gordofobia, body shaming y violencias sistémicas en su trayectoria como bailarines.

El día internacional de la danza se celebra el 29 de abril, ese mismo día del año 2020, una página de nutrición en Facebook "Alimentación consciente" realizó una publicación explicando la gordofobia en la danza, la revista de danza "FLUIR" la compartió en su muro[1] y entonces comenzaron a aparecer los testimonios:

"Qué bueno que se hable del tema. Para trabajar sobre la idea enraizada acerca de lo imprescindible de pesar 35 kg para la práctica de la danza. Soy de esas personas y soy redonda en los bordes, así que nunca pude practicar con libertad esa actividad" - Karina Andrea Ragaglia (2 de Mayo 2020)

"Dado los comentarios despectivos sobre mi cuerpo, abandoné mi sueño de ser bailarina. Ahora me doy cuenta que a los 17 años que abandoné el ballet, le di a una persona (mi maestra) el poder para alejarme de lo que más amo, y una latente inseguridad en mi cuerpo (…)" - OsIRIS At (2 de Mayo 2020)

Se hace visible un problema presente en la práctica de la danza en sus distintas formas como en ballet, el hip hop, la danza contemporánea, el tango y la danza folclórica, mencionando las compartidas en los comentarios. La mirada con gordofobia es uno de los indicios desde donde se le ve al cuerpo danzante. Estudiantes y egresadas del CONADACO compartieron esta misma publicación, se recupera un fragmento de la reflexión:

"(…) a pesar de haberme enseñado bien la técnica, jamás fueron conmigo paso tras paso ayudándome a buscar la mejor versión de mí y vencer todos esos "miedos"; al contrario, siempre fui criticada por mis compañeros (no todos claro está) un poco "bulleada" pero eso me valía porq total....ellos y yo estábamos al mismo nivel pero mis maestros, mis mentores jamás mencionaron lo duro que sería salir y enfrentarme a la vida real pero, ¡peor aún!, decían que yo tenía las capacidades físicas y mentales pero no EL CUERPO, porq su cadera era muy ancha, su espalda también, sus piernas pesadas, media 1.60 y bueno, ¿quién iba a soportar cargar a una bailarina de 56-58 kilos?." - Harumi Santana (2 de mayo de 2020)

Para hablar de los discursos que envuelven al cuerpo de las bailarinas, se recurrió a manuales de danza y se encontró que se han documentado en mayor cantidad los estudios corporales del ballet clásico, ello supone que existe una herencia de esta disciplina que no puede ser negada, se reproducen muchas de sus formas en la danza contemporánea que hoy en día son

[1] https://www.facebook.com/FluirDanza/posts/gordofobia-en-la-danza/2921811481206543/

difíciles de separar. Al revisar manuales de enseñanza y guías educativas para las admisiones, se evidencía que los cuerpos son y han sido evaluados incluso cuando aún no forman parte del mundo de la danza profesional ya que "se piden" cuerpos muy jóvenes en etapa de crecimiento y desarrollo.

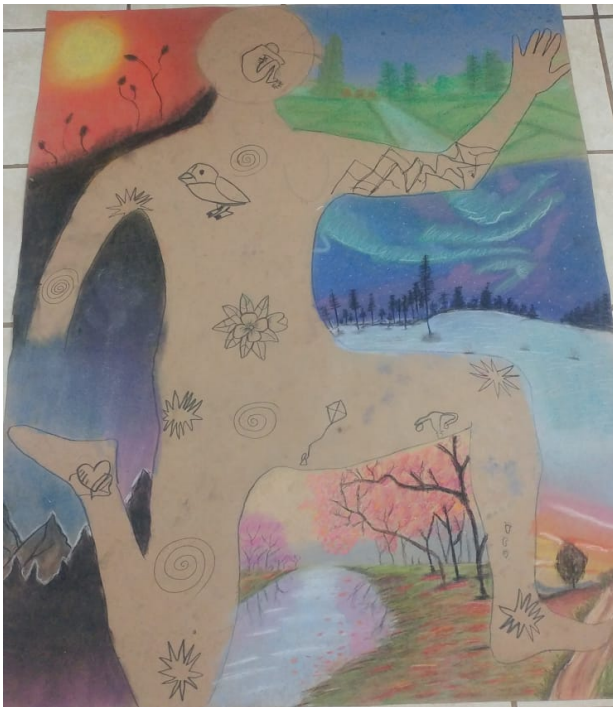
Se realizaron cuatro entrevistas a estudiantes y egresadas del CONADACO y es pertinente compartir los hallazgos: el tránsito por el Colegio se siente sin acompañamiento ya que hay exigencias de medidas y peso, pero no se les recomiendan profesionales a los que puedan acudir para llegar a esos objetivos, esto deriva en prácticas "caseras" para bajar de peso, en trastornos alimenticios y en problemas de riñón por tomar bebidas energizantes para soportar la carga de los ensayos y clases. También, las posiciones asimétricas de poder están presentes y los y las maestras se escudan en sus investiduras de autoridad para ejercer prácticas violentas de corrección a los cuerpos, legitimadas por el valor de la esbeltez, disciplina, y la jerarquía como parte de la institución. Por último, existe una necesidad latente de compartir la experiencia de ser estudiante de danza. Este último resultado fue pieza clave para el diseño de la intervención y poder cumplir esta demanda.

De la intervención:

Los mapas hablan por sí solos. Como parte del análisis de los resultados, se busca que la lectora o lector haga una visualización de las fotografías de los mapas corporales tomadas por cada una de las participantes. Esto con la intención de que, de inicio, se aprecien los trazos, figuras y composiciones que hay en cada una de ellas y que no interfiera la interpretación de la investigadora. Se recuperan sólo cuatro mapas de los diez producidos en la intervención para fines prácticos. En los mapas auto – representan su trayectoria, la encarnación de la danza como institución, con sus violencias e imaginación sobre lo posible.



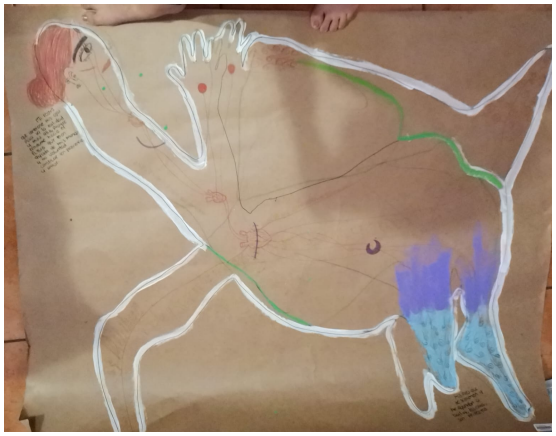
Mapa corporal 1 Laura Oscós



Mapa corporal 2 Chantal



Mapa corporal 3 Constanza Tamara



Mapa corporal 4 Surabby

Confiar en la ausencia de certeza

No se necesita más autoridad que la propia para reconocer una emoción, un sentimiento o una sensación y poder nombrarlas o plasmarlas de alguna manera. Cada una de las participantes del taller es autora protagonista de su historia, sus autorretratos y mapa corporal. Las reflexiones y explicaciones compartidas fueron a libre elección de ellas, por lo que algunos elementos: dibujos, colores, frases, palabras, formas, decidieron que no fueran divulgados y se resguardan en las mentes, corazones y momentos de cada una de las sesiones. Esto contribuye a subvertir la violencia institucional del cuerpo de la bailarina que privilegia la mirada ajena sobre la propia.

En la actualidad se percibe una idea cultural de que todo lo que hacemos lo tenemos que explicar o justificar de alguna forma, aunque el taller es parte de una intervención académica que busca obtener la mayor información posible, la voz propia singular - colectiva de las bailarinas y su producción de metáfora fungió un papel muy importante al momento de representar sensaciones. Andrea Gaucín, al comentar el mapa de Laura Oscós (mapa 1) decía, "me identifiqué mucho con las llamas en la espalda porque el malestar sí es una sensación así, que te quema, que te cala", nos muestra que, aunque cada dibujo realizado tiene sus propios significados y razones de ser, al mirarlos transmiten un poco del significado que quería expresar la autora del mapa.

En todas las sesiones se llevaron a cabo ejercicios corporales previos al momento de trabajar con los materiales proporcionados: pliego de papel y diario una premisa de movimiento era que centraran su atención a lo que pasaba en ese momento *sin pensarlo de más*. En ocasiones se cree que, para sentir, tenemos que saber qué y cómo estamos sintiendo, cuando en realidad ahí está…en nuestro cuerpo. La invitación fue a confiar en lo que llegara a la sensación y evocación de su memoria para posteriormente poder reflejarlo en sus mapas de forma gráfica. Constanza Tamara compartió: "al momento de ubicar lugares llenos de vida en mi cuerpo, mis manos, mis clavículas y mi cara me parecen muy llamativos por eso dibuje pequeñas estrellas en mis clavículas". Chantal decía: "dibujé erizos porque a veces así siento mi dolor". Por otro lado, sobre la sesión que trabajamos con los dolores/malestares físicos y emocionales, Yaret decía "me sentí apática para trabajar y plasmar mi dolor, pero escribí". Esta fue

una manera de procesar *lo que llegó* y aunque el sentimiento de apatía se encontraba presente no inmovilizó a la participante, al contrario.

Aunque el trabajo fue elaborado de manera individual y cada una de ellas se encontraba en su espacio, en cada sesión se dio la oportunidad de compartir hallazgos, avances y reflexiones, se produjo algo particular en estos momentos de escucha a la otra: la *resonancia,* cada vez que una de las participantes compartía, nunca faltó que otra(s) asintieran con la cabeza como si estuvieran sintiendo cierta identificación, o estuvieran de acuerdo completamente con lo que estaba diciendo, o como si hubieran experimentado casi de la misma forma algún momento o sensación. Yaret dijo "también coincido con Betty, mi sexualidad la considero muy importante", Chantal dijo "Igual que Fer, no me gustó mucho como dibujé mi silueta", es fundamental el ejercicio de escucha mutua que permite ubicar puntos en común con la narrativa de la otra.

Un resultado no estaba previsto dentro del objetivo: la creación de una red de apoyo. En la primera sesión la propuesta fue hacer una línea de vida y una escritura autobiográfica, desde ese momento se planteó que cada una podía compartir libremente sobre sí, desde ese momento se comenzó a tejer una red de escucha y comprensión. Específicamente, en esa primera sesión (24 de marzo de 2021), el tiempo se alargó, se calculó que cada una iba a compartir brevemente, sin embargo, decidieron expresar mucho más de lo esperado, los minutos corrían, desde la coordinación del espacio grupal no era pertinente quería cortar la inspiración de nadie, se dio la opción de retirarse a quienes ya habían compartido, la respuesta: todas sostuvieron el espacio junto a la coordinadora escuchando a quien participaba. Eso, aparte de ser un aprendizaje sobre que cada grupo tiene sus tiempos y deben ser respetados, conmovió porque ellas genuinamente querían escuchar lo que la otra tenía que decir.

Uno de los acuerdos iniciales fue que el grupo de WhatsApp que se había creado para avisos, y ligas de zoom, iba a ser eliminado una vez terminado el taller. Sin embargo, decidieron que querían conservarlo y que siguiera la coordinadora en él. Actualmente ese grupo está activo después de varios meses del taller y las pláticas van en relación con planear un encuentro casual donde conocerse de forma presencial. Esto habla de la creación de un grupo de mujeres que previo al taller, la mayoría no se conocía entre sí. El nombre que decidieron para este grupo es "Vamos por pulque" y esto tiene un significado. Betty Martínez explicó que dibujó un corazón en su boca porque le gusta ir a tomar pulque con sus amigas y así quiso representarlo. Después de las reacciones de algunas compañeras sobre que no les gusta el pulque, otras que nunca lo han probado y otras que conocen unos lugares *muy buenos* para tomarlo dentro de la ciudad, al terminar el taller concluyeron que lo mejor es que el grupo se llame así.

La metodología de mapas corporales estimula el surgimiento de discursos, significados y experiencias que están encarnadas, corporalizadas. ¿Cómo sienten y significan el cuerpo después de haber experimentado exigencias disciplinarias? Fer de León es egresada de la licenciatura en Danza Contemporánea del CONADACO y decía, "Puse mi cabello morado porque es mi color favorito y quisiera pintármelo de ese color. En la escuela nunca nos dejaron entonces es mi forma de tomar control de mi vida". Con este ejemplo sale a relucir el proceso educativo y sus *normas* para pertenecer a un espacio, pero también, queda expuesta la forma en la que algunas alumnas pueden llegar a sentir que han perdido el control de su vida y solamente al salir del lugar pueden volver a tomarlo. Chantal compartió, "puse paisajes porque siento que a veces nos enfocamos tanto en *lo malo* y es muy difícil ver *lo bueno* y me enfoco en las cosas que *tengo mal* en vez de las cosas que *tengo bien*." Dentro de las exigencias disciplinarias de la danza se encuentra la corrección constante de posturas, pasos y colocación. Cuando la atención del bailarín o bailarina se dirige completamente a esos *errores*, resulta casi imposible concertarse en otras cosas, es como bloquear *lo que está bien* y creer que no hay otras posibilidades. La propuesta de Chantal parece muy pertinente para mostrar que siempre hay un *más allá* ante lo que podría parecer un escenario brumoso y aterrador.

La introspección entonces, logró ser un elemento recuperado por todas las participantes y fue un

constante movilizador ya que permitió ver hacia adentro, hacia fuera y pensar en posibilidades. Arantza dijo, "siempre hay algo que no me termina de gustar, pero también hay cosas bonitas. Me hace ver que algo sigue brillando en mí". Por su parte Yaret dijo, "la luz puede estar dentro de la misma obscuridad". Si bien, la relación entre la autoimagen, los contextos de cada una de ellas y ellas mismas, puede llegar a ser compleja, pero lograron reconocerlo:

> "Veo que tengo cosas muy rezagadas y no les he puesto atención por estar concentrada en el dinero o en la escuela. Veo el mapa y siento que no estoy plasmando nada en realidad, pero es lo que mi cuerpo me permitió en este momento" Tamara

Se lograron recuperar lenguajes corporeizados mediante la materialidad del cuerpo e imágenes subjetivas que podríamos nombrarlos como identitarios. Pudieron reconocerse en el mapa corporal. Aquí algunos comentarios:

"Todo esto me ha llevado al día de hoy y no he dejado de aprender y de crecer. Todo lo que me sucede es relevante para mi reconocimiento, para mi construcción como persona y mi identidad. Soy importante para mí y todo lo que fui me define para seguir progresando" (Surabby)

"Me da mucha nostalgia de ver todo lo que he pasado y es un recordatorio de cosas a las que tengo que ponerles atención tanto dolores emocionales y físicos como cosas que me hacen feliz" (Ahtziri)

De la intervención no se pretendía obtener unos resultados *correctos* ni *bien resueltos artísticamente*, ya que no se trataba de un taller de expresión gráfica, sino que se centró en la diversidad de formas de respuesta y disposición ante las actividades propuestas. Los cuerpos entonces, tomaron el reconocimiento de productores del saber propio. El espacio se creó y se mantuvo gracias a la apertura, a la asistencia y a al compromiso de cada una de ellas.

Sobre sí: galería de autorretratos

En la última sesión de taller se proyectaron los autorretratos producidos en las cinco semanas y divididos en las diferentes consignas: "las manos como protagonistas", "el cuerpo reflejado", "esta soy" y "rostros". Las participantes no vieron las fotos de las demás hasta ese último momento y la sala de Zoom se llenó de emoción. Mientras la galería era mostrada, la expresión de cada una de ellas se modificó en asombro, emoción, ternura y llanto. ¿Qué mejor forma de mostrar los resultados de esta metodología que compartir los comentarios e impresiones de las creadoras?

"Todas nos vemos súper bien y wow, de verdad las quiero" (Fer de León)

"Vi mis fotos y dije, no maches esto soy yo, las consignas me ayudaron a reconocerme cómo me sentía en ese momento" (Ahtziri)

"Se ve el estilo de cada una. Me dio mucho sentimiento. Este espacio es muy seguro y llevaba meses que no encontraba inspiración y llegó en un momento perfecto. Las amo mucho, amé mucho este espacio" (Laura Oscós)

"Todas le pusieron corazón a las fotos que tomaron o dibujos que hicieron (en el caso de Andrea). Las fotos que tomamos reflejan amor" (Betty)

"Sentí otra vez amor a mi cuerpo" (Andrea)

"Logramos capturar algo importante y por eso se despertó nuestra sensibilidad al verlas. El autorretrato me hizo pensar que no todo está perdido o que no está tan mal lo que hay" (Yaret)

"Dije, "no mames neta si estoy bien pinche hermosa" amé cada partecita de mí" (Surabby)

"Las quiero mucho. Debo confesar que hubo días en que me frustraba porque no podía elegir una foto de las que había tomado, pero me gustó mucho". "Hay algunas de ustedes que había visto en la escuela, pero nunca las había escuchado, gracias por esto" (Chantal)



Discusión y Conclusiones

Frente a la naturaleza efímera de la vida, el estudio permite detenerse, regresar y repensar las palabras y acciones que envuelven al cuerpo danzante en su tránsito para ser *formado* dentro de las instituciones de educación formal en danza. Al mismo tiempo, rompe con ideas instituidas del *deber ser* ya que es visible que no todo ni todos debemos o podemos ser como está establecido.

Los seres humanos merecemos tener una relación pacífica con el cuerpo que habitamos. En ocasiones esa relación se encuentra mermada a partir de experiencias físicas y emocionales que son dolorosas. Por ello, este proyecto insiste en la conciencia, reapropiación y apertura al abanico de las corporalidades; ir más allá de la piel, descubrir qué nos conforma y poder hablar de ello. La idea sería poder descubrir y leer o releer las narrativas del propio cuerpo que lleva consigo lugares llenos de vida, zonas dolorosas, malestares físicos y emocionales, experiencias que se ven como cicatrices y ríos que fluyen con el movimiento interior.

El término "cuerpografía" fue acuñado en este proyecto porque apela al trazado de los mapas como en la "cartografía" y al trazado de los pasos como en la "coreografía" y estos enfocados en cada cuerpo y cada historia. Finalmente, nombro y agradezco a las diez participantes que hicieron posible generar este estudio: Yaret García, Andrea Gaucín, Surabby, Constanza Tamara, Fer de León, Laura Oscós, Chantal, Ahtziri, Betty Martínez y Arantza Nieto.

Referencias bibliográficas

Tortajada Quiroz, M. (2011). *La danza escénica de la revolución mexicana.* Estudios Sociales Nueva Época, (pp. 240-249). Recuperado de http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/pperiod/estusoc/8/arte1.pdf

Castoriadis, C. (1981). *Lo imaginario: la creación en el dominio histórico social*. En Los dominios del saber. (pp. 64-77). Encrucijadas del laberinto.

Pacheco Cabello, E. A. (2007). *Violencia sistémica en la enseñanza de la danza contemporánea en la Escuela de Iniciación Artística no. 2: La voz de los alumnos* (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional, México D.F.

Aguilar Idáñez, M. J; Ander-Egg, E. (2001). *Diagnóstico Social, Conceptos y Metodología*. Grupo Editorial Lumen: Buenos Aires

Silva, J; Barrientos, J; y Espinoza-Tapia, R. (2013). *Un modelo metodológico para el estudio del cuerpo en investigaciones biográficas: los mapas corporales*. N.37, (pp.163-182). Alpha (online).

i Petanás, J. C. (2015). *Autorretrato: La mirada interior*. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona

Del Fresno, Miguel. (2011). *Prefacio. En Netnografía. Investigación, análisis e intervención social online.* (pp. 17-21). Madrid-Cádiz, España: NETNOGRAFIA.indd 21.

La instrumentalización del performance.

Incentivos para la participación en asuntos públicos en La Negreta, municipio de Corregidora, Querétaro.

Autora: Paulina Pereda Gutiérrez
Asesor: Víctor Gabriel Muro González

Resumen

En este artículo se presentan, a partir de aspectos relacionados con las teorías de acción colectiva, confianza y dramaturgia, principalmente, hallazgos producto de un trabajo de campo realizado durante el primer semestre de 2021. Esta labor fue llevada a cabo como parte de una investigación sobre construcción social de la calidad de vida, en donde se indaga respecto a dinámicas sociales de los habitantes de la delegación de La Negreta, municipio de Corregidora, Querétaro, a través de una técnica cualitativa que incluye entrevistas, diarios de campo y observación participante como instrumentos de recolección de información.

Una de las conclusiones que surge a primera vista es que en La Negreta sobresale una muy baja participación en asuntos públicos por parte de sus habitantes; asimismo una acción colectiva deficiente que se entorpece constantemente por diversas dificultades de índole social, cultural y económica, que impiden a los individuos organizarse. A ello se suma la desconfianza generalizada hacia las autoridades y también hacia aquellos con quienes se comparte el territorio de la delegación; la falta de confianza es un elemento de gran peso para pensar en cómo se refuerzan conductas individualistas y egoístas entre vecinos de esta localidad.

No obstante, mirando más a fondo, en La Negreta existen formas de organización vecinal que poseen un marcado carácter instrumental, y en donde es posible observar relaciones de poder basadas en un manejo estratégico de la persona, del status y de la clase. Asimismo, prevalece una predominante tendencia a incurrir en dinámicas clientelares como mecanismo para incentivar la participación en lo público.

Palabras clave: Confianza, Performances, Signos, Lo Público, Relaciones Vecinales.

Abstract

This article presents, based mainly on aspects related to the theories of collective action, trust and dramaturgy, the findings that result from a field work during the first half of 2021. This work is part of a research on quality of life and its social construction, which implicates people of La Negreta, Corregidora, Querétaro, social dynamics. The investigation was carried out with a qualitative technique that includes interviews, field diaries and participant observation as instruments for data gathering.

One of the conclusions that emerges at first glance is that La Negreta stands out because its inhabitants poorly participate in public affairs; also, because a deficient collective action that is constantly threatened by several difficulties settled on cultural, political and economic levels. In addition, there is an evident general distrust towards authorities and those with whom the territory is shared; this lack of trust is fundamental to meditate about how individualistic and selfish behaviors emerge in this place.

Nevertheless, on a deeper look, it can be assumed that, in fact, there are several forms of organization within the neighborhood that have a remarkable instrumental purpose, and where we can observe unequal power relations based mostly on a strategic management of people's status and class. Thus, there is a strong tendency to fall into clientelist dynamics as a mechanism to stimulate participation in public life.

Key Words: Trust, Performances, Signs, Public Goods, Neighborhood.

Introducción

La Negreta como universo de análisis

Este trabajo se desprende de una investigación doctoral sobre la construcción social de la calidad de vida en la delegación de La Negreta, misma que, de acuerdo con datos de INEGI (2020) cuenta con 16 mil 451 habitantes. A su vez, dicha localidad pertenece al municipio de Corregidora la cual alberga a 212 mil 567 habitantes, de acuerdo con la misma fuente.

La indagación realizada apeló a una metodología etnográfica y comprensiva, en donde el objetivo principal fue conocer qué elementos sociales ayudan a configurar la percepción de calidad de vida de los habitantes en esta zona de desarrollo urbano y analizar cómo esto tiene relación con la participación ciudadana y el desempeño de la gestión pública municipal.

La Negreta fue seleccionada como caso de estudio debido a que es una zona inmersa en un proceso de transformación de rural a urbano, con un significativo incremento poblacional en décadas recientes. Asimismo, se ha reportado una fuerte inversión por parte de diversas administraciones municipales en obra pública, iniciativa que es recurrentemente relacionada, por los representantes de gobierno, con un ascenso significativo en el nivel de vida y en el bienestar de la población.

Durante esta investigación, ha sido evidente que los habitantes de las diversas colonias que conforman la delegación de La Negreta no cuentan con las mismas condiciones sociales, económicas y culturales, para participar en asuntos de interés común de manera equitativa. En esta zona de fundación relativamente reciente, son las colonias de más abajo aquellas que demuestran de forma más evidente un proceso de urbanización y desarrollo; no así las colonias de más arriba, algunas todavía irregulares, en donde se aprecia un alto grado de marginación, hambre, y la carencia en servicios básicos como gas, agua, luz, drenaje y transporte público.

En un plano semi-urbano como este, un contexto que carece de tradiciones, vecindad, historias e imaginarios, que facilitarían la cohesión de sus miembros, es difícil que surjan redes que lleven a la creación de un capital social fructífero. Tampoco existe un buen diseño de política pública que contribuya a la participación social de un grupo homogéneo o medianamente homogéneo, como sucede en comunidades tradicionales. Los individuos de la zona que se estudia tampoco se aglutinan dentro de un mismo problema público, por lo que no es común que surjan formas de autogobierno.

Si bien, existen casos paradigmáticos de éxito en contextos similares a este, en donde sí se ha logrado adherir a mucha gente a la organización en torno a dar solución a un problema, como los que detalla Ostrom (1990), en realidad es complejo que eso suceda. Algunos individuos no logran liberarse de los problemas que suponen los bienes comunes ya que pueden estar atados a factores que no dependen enteramente de ellos mismos y, por lo mismo, no poseen la facultad para cambiar las estructuras y la forma de actuar de sus propias autoridades quienes, en muchos casos, pueden favorecerse al mantener la situación tal y como está (Ostrom, 2000, p.51).

Factores que contribuyen a la baja participación y deficiente organización de los vecinos en la delegación de La Negreta.

Olson (1965) expone la paradoja del *free ryder* o gorrón como parte de la teoría de acción colectiva. Señala que no puede darse por hecho que tener un interés público en común incentive a los miembros de un grupo a organizarse para satisfacer sus necesidades. Por el contrario, si se piensa en sujetos racionales, si los participantes adquieren únicamente un beneficio porcentual por su participación, y si este es el mismo que adquiere el resto de los involucrados, hayan participado o no, entonces lo lógico sería no participar. Lo anterior implica que si alguien invierte cualquier tipo de capital a favor de una causa pública, entonces estará contribuyendo a satisfacer, de manera colateral, las necesidades de los demás miembros de su grupo, aunque algunos de ellos no hayan dedicado ninguna clase de esfuerzo.

A lo anterior cabe añadir que si quienes cooperan están por debajo de una masa crítica, entonces no se producirá el bien colectivo. Para lograrse el objetivo es necesario que la cantidad de participantes rebase cierto número de sujetos. Por lo tanto, los grupos grandes de individuos son principalmente quienes tienen mayores problemas de participación, ya que varias personas pueden dejar de colaborar y aun así lograr las metas si muchos otros más sí contribuyen con la causa en común.

Durante el trabajo de campo ha sido posible encontrar varios discursos por parte de los vecinos, en donde se puede inferir que la participación entre habitantes, para lograr una causa común, es bastante limitada. Sirva el siguiente discurso como ejemplo:

"Mira, cuando estaban en campaña hace tres años… este... íbamos al Escobedo y traíamos de verduras y ya… juntábamos y nos íbamos y aquí las preparábamos y ya, repartíamos. Pero luego sí hay vecinos que son bien encajosos, que dicen: Ay no, nosotros no trabajamos, al cabo trabajan ellos. No, yo les decía... por eso hay veces que yo les digo "mejor ya no" […] pero sí este... te digo que luego sale el vecino egoísta y dice: Ay sí, pues es que te quedaste ya más. Y dices tú: pues si estoy trabajando y todos nos estamos beneficiando ¿cómo me voy a quedar con más?" (Comunicación personal, 17/02/2021).

Sin embargo, en contextos como este, un caso en donde los involucrados carecen de recursos, y en donde existen diversas condiciones que impiden una participación equitativa, sería limitado señalar que quienes no participan lo hacen motivados por cálculos economicistas propios de la elección racional, en donde el raciocinio es individualista, egoísta y procurando obtener el máximo beneficio al más bajo costo (Elster, 1988). Por el contrario, hay autores que defienden otra explicación a la no participación; básicamente apelando a que los involucrados no pueden costearla. Tal es el caso de Méndez (2020) quien señala que la participación se da de forma desigual debido a los costos que implica en tiempo, dinero y esfuerzo, ya que los individuos cuentan con distintas capacidades y capitales desiguales, tanto económicos como sociales y culturales que, en ocasiones, pueden impedir sumarse a una causa en común.

Cantú & Pereda (2021) profundizan respecto a variables como la pobreza[1] y la inseguridad en espacios públicos[2], mismas que son inherentes a sujetos contextualizados en ambientes de precariedad y de falta de oportunidades. Los autores argumentan que a ello se suman nuevas variables como actualmente es el riesgo de contagio de Covid-19, u otras relacionadas con aspectos sociales y culturales que derivan en construcciones ideológicas que pueden abonar a la tendencia de no intervenir en causas públicas.

Otro factor que destaca en La Negreta y por el cual se dificulta la organización de los sujetos, incentivando su no participación en asuntos públicos, es la heterogeneidad de los problemas y de las necesidades que se extienden en la delegación. Los quehaceres que los entrevistados consideran prioritarios para mejorar su entorno y, con ello, su calidad de vida, son sumamente diversos; mientras para algunos es primordial resolver la ineficiencia del transporte público, para otros lo es el tema de salud, de empleo, de seguridad, de educación o la necesidad de mantener calles y banquetas limpias.

La gran pluralidad de las necesidades y la dificultad que hay en relacionarlas, imposibilita generar sinergias exitosas entre vecinos de la delegación. Por lo anterior, es complicado que los individuos logren organizarse y sumarse para trabajar por necesidades que no son prioridad suya; sobre todo si este cuadro que ha sido presentado enmarca un grado fuerte de

[1] Según datos de CONEVAL 2018, el 48.8% de la población en México se encuentra en situación de pobreza y el 16.8% se encuentra en situación de pobreza extrema, ambos por ingresos. De igual forma, 29.3% de la población mexicana es vulnerable por carencias sociales: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, acceso a la alimentación y acceso a servicios básicos en la vivienda.

[2] ENVIPE 2019 muestra que el robo o asalto en calle o transporte público ocupa en México el primer lugar en incidencia por tipo de delito con un 28.5%.

desconfianza entre habitantes, en donde es recurrente imaginar que se pierde lo que el otro gana.

La desconfianza que los negretenses sienten hacia sus conurbanos se incrementa si se trata de "los de arriba"; esta es la forma que muchos de los entrevistados han tenido para denominar a los vecinos de más reciente ingreso que se asientan en las colonias de más arriba o en las periferias de la delegación, en colindancia con el libramiento sur poniente y que, además, poseen mayor marginación.

"Los de arriba" son definidos como personas fuereñas cuya procedencia se desconoce, sin embargo, se dice que vienen del Estado de México, de Guanajuato, de Chiapas y de Oaxaca, principalmente. A pesar de no tener certeza del origen de estas personas, de sus motivos para mudarse a La Negreta, ni de sus actividades económicas, muchos vecinos, sobre todo aquellos que poseen cierta antigüedad en el asentamiento, atribuyen el incremento de inseguridad en la zona a estas personas y, por lo tanto, puede percibirse el miedo, la desconfianza y la incertidumbre que les provoca la llegada de nuevos pobladores. Como se ha dicho, la desconfianza que existe entre los vecinos es un elemento de gran peso para la falta de integración, de organización y de participación ciudadana, así lo expresa el siguiente informante:

"De esa calle en donde está El Asturiano para abajo es la colonia Negreta. En donde le comentaba que el 80% nos conocemos. Y de ahí hacia arriba es en donde ya empiezan las divisiones de cada colonia. En donde dicen: ya no son de Negreta. Tienen ese celo de decir: somos nosotros de Negreta. Ese orgullo de decir: somos de aquí y ustedes no son de aquí. […] Hay un temor sobre qué tipo de gente nos llegó como vecino. Ya hacia mucho hincapié el presidente: estar atentos y vigilarnos nosotros, si vemos algo raro hay que llamar al número de atención de seguridad. Pero sí, bastante gente, pero… digo… todos somos abiertos a recibir a cualquier gente porque si vino hacia acá es por algo, ¿no? porque es más tranquilo que otro lado." (Comunicación personal, 16/02/21).

No obstante, existe también desconfianza y celo hacia los vecinos directos, incluso cuando se les conoce desde hace varios años. Los individuos de esta delegación prestan mucha atención a lo que reciben los demás y a su relación con los líderes. Predomina la envidia y los malos pensamientos cuando algún vecino logra mejorar su casa o muestra estar en mejores condiciones.

Delhey, Newton & Welzel (2011) exponen que la confianza puede dividirse en particular y general. La primera corresponde a aquella confianza que se dirige hacia miembros de la familia, mientras la segunda refiere a individuos no familiares, es decir, a extraños con los que se comparte un espacio al formar parte de una sociedad. La confianza general está presente en mayor medida en sociedades modernas (p. 786). De acuerdo con los autores, la confianza general está en la base de fenómenos tales como la reciprocidad, acción colectiva, tolerancia y democracia (ibídem: 787); situaciones que en La Negreta no se pueden observar con facilidad ya que, como se ha detallado, el contexto conduce a los individuos a ser menos propensos a arriesgarse en confiar en otros, sobre todo en aquellos a quienes no conocen.

En esta delegación tampoco se ha visto que exista confianza a través de un interés encapsulado como lo expresa Hardin (2002), del tipo: confío en ti porque sé que está en tu mejor interés no defraudar mi confianza; pareciera que entre los vecinos no se tejen muchas relaciones de confianza a través del intercambio, ni tampoco a través de la satisfacción de intereses en común. Por el contrario, los individuos emiten señales para mostrar al otro que son dignos de su confianza (Bacharach & Gambetta, 2001). La buena reputación que pudiera ganarse por medio de una relación de cooperación con el otro, en este caso, más bien se trabaja a través de una forma de presentación estratégica de la persona, como señala Goffman (2001). En estas ideas se profundizará a continuación.

Y entonces… ¿cómo se incentiva la colaboración entre vecinos y vecinos-autoridades en La Negreta?

A través del trabajo de campo se ha podido apreciar que los vecinos de La Negreta sí tienen formas de organización y de participación vecinal, sobre todo instrumental, pues resulta cuando se tiene intención de satisfacer alguna necesidad especifica en común, para posteriormente concluir con la relación.

"Nosotros para meter el drenaje… si usted tenia 10 metros de frente tenia que excavar, romper 5 metros para que metieran el ducto de agua, y así urbanizamos […] yo hacia mis 5 metros y mi vecino de enfrente tenia que romper los otros 5. Porque íbamos a tener un beneficio común que era el drenaje. Y así… Ahora con unas maquinotas como estas que están aquí (señala las maquinas que están arreglando el parque). Hay mucha roca, mucha piedra, mucha… roca volcánica, basalto, y pues con pura maquina, ni modo que le dé uno con el cincel, no termina" (Comunicación personal, 22/01/21).

El contexto de la participación está permeado por condiciones de desigualdad, principalmente de índole cultural, social y económica, como ya se ha indicado. En este sentido, Simpson, Willer & Ridgeway (2012) señalan que, a pesar de que mucho material escrito sobre acción colectiva supone que los miembros de determinado grupo no se diferencian por status, la realidad es que los grupos no diferenciados son raros o incluso inexistentes. Por ello, los autores proponen que el status y las jerarquías son elementos que naturalmente establecen un ordenamiento de los individuos, favoreciendo a la organización y a la coordinación de sus acciones y contribuciones al grupo (p.149).

Una forma de explicar cómo se construyen las relaciones jerárquicas y para qué sirven en La Negreta, es a través del manejo estratégico del ethos de clase, como una forma de presentación de la persona expresada por Goffman (2001), en donde el individuo de cierta manera estudia al otro para emplear tácticas (performances) a partir de la información que posee y que le permitan obtener las respuestas que desea. Las formas de presentarse de un individuo, por lo tanto, dependen de los fines que este persiga (p.3).

Esto no quiere decir que en todos los casos el performance sea un recurso de la racionalidad estratégica. En algunas situaciones puede tratarse de una condición psicológica, lo que provoca que los individuos se comporten de alguna manera de forma automática; en otras palabras, que su comportamiento sea natural, inconsciente y por inercia. Sin embargo, lo que se sugiere en este artículo es que, en los escenarios que se plantean a continuación, los diálogos con las personas apuntan a que existe una planeación del comportamiento que previene reacciones del otro y efectos futuros.

A través de la observación participante y de las entrevistas, se ha notado que los informantes que han habitado por mayor tiempo en estas colonias, suelen atribuirse méritos respecto al proceso y al desarrollo de su colonia, asimismo expresan con especial hincapié, y a veces con orgullo, que no forman parte de ningún partido político, pero que son bien conocidos por las autoridades. Estas expresiones o performances, acompañadas de señales que denotan humildad y el esfuerzo por salir adelante, les otorgan una buena reputación y cierto prestigio frente a los vecinos, de manera que pueden acceder a la confianza de los demás.

"Mira mucha gente está cerrada a decir: pues a mí me vale si soy antorchista a no, yo lo que quiero es tener un bienestar para mi familia, este... no sé si me vaya a meter en problemas o no, pero me apoyan y los tengo que apoyar. Bueno, yo así lo empecé a ver de ahora que venía. O sea, yo se los decía muy claro, desde la primera vez que vine: yo no vengo de ningún partido político, he trabajado para muchos pero no vengo de ningún partido político, no soy rica y tampoco me sobra, pero lo hago de corazón y me gusta ayudar a la gente, así como me gusta recibir, me gusta ayudar. Ellos tienen claro de que no trabajo para ningún partido". (Comunicación personal, 22/02/2021).

Asimismo, se tiene una visión paternalista del gobierno, pues se piensa que algunas de las actividades en donde este debe de poner especial esmero es en brindar apoyo de despensas y en dar respuesta a las insuficiencias personales de cada familia; mismas que pueden variar entre dar atención

a los enfermos y brindar apoyos económicos o en especie, como cobijas, bastones, dispositivos móviles y otros. La percepción favorable o desfavorable que se tiene del gobierno está permeada, en buena medida, en función de recibir, o no, ese tipo de dadivas.

Interpretar la relación entre vecinos y autoridades se complejiza si se le piensa de manera estratégica, ya que, aparentemente, muchos de los individuos se comportan de determinada manera para acceder a dadivas y favores por parte de quienes ejercen el poder público. Scott (2016) indica que en contextos hegemónicos es común encontrar relaciones de dependencia y dominación que son fundamentales para el establecimiento de roles sociales. La hipótesis del autor es que existe un juego entre dominados y dominadores por reforzar las apariencias hegemónicas. Mientras los primeros carecen de los medios para revelarse, esta forma de conducta política, que consiste principalmente en ritos de subordinación que incluyen discursos halagadores, la sumisión y el anonimato, representa su única estrategia de resistencia (pp.28-63).

Ya sea que se trate de la presentación del individuo frente a otros vecinos, a través de acciones, gestos y palabras que denoten humildad, o de la presentación del individuo frente a autoridades y representantes públicos, en donde se denota sumisión y agrado, en ambos casos se comparte una característica: las suposiciones que un individuo se forma sobre otro para confiar en él y colaborar juntos, no están enteramente guiadas por las recompensas y/o sanciones que calculan obtener, inciden también las señales (performances) que entre ellos emiten para parecer, o no, confiables (Bacharach y Gambetta, 2001:148).

En algunos casos, advierten Bacharach y Gambetta (2001), las propiedades observables de un individuo no garantizan que este personaje sea digno de confianza dado que, en ocasiones, los oportunistas pueden imitar las cualidades o comportamientos que un individuo auténtico posee, y así aprovecharse de la confianza de los otros (p.161). No obstante, tener en cuenta el contexto es importante, puesto que la persona en quien se deposita la confianza puede cambiar de parecer de una situación a otra, tal es el caso de los políticos, gobernantes o aspirantes a gobernantes que pasan por La Negreta.

Como anteriormente se ha señalado, existe desconfianza y desacreditación importante de los vecinos hacia sus autoridades, se habla de sus representantes con disgusto y con descrédito. Se piensa que las promesas de campaña se quedan solo en eso y que las intenciones de sus gobernantes son únicamente enriquecerse a ellos mismos y a sus más cercanos. Empero, existen comportamientos clientelares y miedo de los vecinos a ser desfavorecidos si no apoyan a cierto candidato o líder vecinal. Por lo tanto, suelen apoyar a candidatos y a representantes acudiendo a sus mítines, eventos y cierres de campaña por temor al ostracismo social. De igual forma, presentarse a eventos y realizar favores se recompensa con dadivas y apoyos que únicamente se obtienen a través de dicho tipo de participación.

Realizando un análisis desde la perspectiva teórica de Bacharach y Gambetta (2001) puede argumentarse que los aspirantes a cargos públicos, durante el contexto previo a las elecciones, muestran y ostentan cualidades que les permiten hacerse acreedores de la confianza de los votantes; a la vez que se intercambia la participación por productos (dadivas). Una vez terminado el periodo electoral los políticos, de acuerdo con los testimonios de los informantes, se muestran como en realidad son, pues olvidan las promesas realizadas en campaña y suspenden el apoyo que anteriormente fue brindado.

Empero, se puede decir que los habitantes de la delegación van acumulando un acervo de información relacionada a la conducta de los candidatos y gobernantes, mismo que les permite reforzar una desconfianza generalizada hacia todos ellos sin importar genero, edad o partido político.

“Ahora espérate que ahí vienen las campañas políticas a prometerle a la gente las perlas de la Virgen y nada más atole con el dedo. Pero te digo, yo no soy de esas personas... si nos dan, yo recibo, ya no vuelvo a molestar a las personas […] Mi mamá hace dos años sufrió una parálisis, entonces fui con el delegado. Le

he pedido muchos apoyos pero nunca ha llegado un apoyo. Con mi hija también, apuntó a mi esposo cuando empezó esto de la pandemia y nos dieron una despensa, pero ya nunca nos volvieron a dar nada. Entonces dice usted: ¿ya cómo voy a ir a pedir una ayuda? Un joven que una vez vino me dijo: mire, usted vaya e insista e insista e insista. Pero digo, voy a ir a estar insistiendo y creo que nunca va a llegar esa ayuda, porque por ejemplo ahorita han venido presidentes y nada, no". (Comunicación personal, 26/02/2021).

En lo que respecta a los ciudadanos, y abundando un poco más en la parte instrumental de la presentación de la persona, hay simulaciones fundadas en el acervo de información que se han formado con base en sus experiencias respecto al comportamiento de los aspirantes durante las campañas; pues se sabe que durante ese periodo de tiempo, los servidores públicos se mostrarán más dispuestos a colaborar con los vecinos a cambio del voto. Así, los negretenses pueden obtener favores y obsequios si son hábiles en simular simpatía hacia los candidatos. Esto se expresa en la siguiente conversación con una vecina de la colonia, unos días antes de las elecciones municipales del 6 de junio de 2021.

"La candidata vino, me buscó, me dijo que si quería trabajar con ella y le dije que no, le dije 'te soy bien honesta, ya estoy fastidiada y harta de que me prometan y no me cumplan, yo sé que a lo mejor y tú no eres igual que los demás y tú no tienes que pagar el plato roto, pero mejor así, mejor si puedo te acompaño a los eventos y simplemente hasta ahí, el día de las elecciones veré si voto por ti' […] Te digo que yo con la candidata estoy muy agradecida, ya vez que le regaló su estufa a mi hija para sus postres... esa estufa que nosotros tenemos pues ella se la regaló […] Fíjate que tiene como el año. Pero pues has de cuenta que nos la dio... porque yo le dije que hornee así arriba de un sartén... porque no tenemos horno y le dijo a mi hija: mira yo tengo una estufa si te sirve, te la regalo... Y pues ya fuimos y sí se la regaló y por eso yo le estoy muy agradecida. Pero eso no quiere decir que le voy a dar mi voto, te digo, ya no sabemos ni por quien" (Comunicación personal, 3/06/21).

Posterior a las elecciones, los vecinos de nuevo regresan al discurso usual en donde aseguran que se mantienen al margen de cualquier candidato y partido político. Podría decirse que la participación y colaboración entre ambas partes se limita a un periodo corto de tiempo pre-electoral; esto es, mientras hay un interés mutuo. Después, cuando cada quien ha obtenido, o no, lo que desea, se regresa a la dinámica convencional, en donde predomina un repliegue hacia lo privado.

A manera de conclusión: nuevas preguntas e hipótesis que se generan a partir de lo anterior.

En el contexto analizado, cabe cuestionarse sobre qué aspectos estructurales del sistema deberían modificarse, y sobre qué atributos habrían de poseer los individuos para que exista una percepción más afable sobre el otro y sobre sus autoridades, y así lograr una organización más favorable para intervenir en asuntos públicos.

Asimismo, cabe profundizar en las relaciones territorializadas en la estructura de confianza. Es decir, conocer en qué medida se modifica la confianza hacia la mayoría de la gente en función de la zona que se habita (parte baja, media o alta de la delegación), ya que la zona refleja fuertes diferencias sociales y económicas. Además, existen jerarquías cuya base está en el espacio que se ocupa; los habitantes de más tiempo, se asientan en las zonas céntricas y bajas de la delegación y los vecinos más nuevos (los nuevos desconocidos) se asientan en las partes altas y en las periferias. A saber, ¿qué pautas de comportamiento surgen, a través de estas jerarquías territorializadas, que ayuden a los individuos a organizarse en torno a un dilema social que involucre una acción colectiva? (Simpson, et al., 2012, p.149).

Podría suponerse que los vecinos que tienen una mayor antigüedad en la delegación, por tanto, poseen más motivaciones y actitudes más proactivas que reactivas, a diferencia de aquellos recién llegados que gozan de menor status y que demuestran actitudes más reactivas, así como una mayor propensión a no cooperar (Simpson, et al., 2012, p.153). En este caso

sería la estructura jerárquica del grupo la que incentiva la acción colectiva y no al contrario, es decir, no es la participación la que otorga mayor nivel jerárquico o buena reputación como una recompensa, sino que el status es lo que motiva la participación (ibídem, p.150).

Por otro lado, la idea de contar con un gobierno paternalista como dador de apoyos, incide en la construcción de una imagen de gobierno autoritario, cuyos representantes no se encuentran genuinamente interesados en cooperar con los ciudadanos, ni en construir lo público de manera conjunta. En cambio, los informantes sugieren, el fin primigenio del poder en turno es obtener ventajas para el beneficio propio.

Méndez (2020) propone que cuando la ciudadanía se reconoce a sí misma como parte de un proyecto, los objetivos de los programas públicos se mantienen más cercanos a las necesidades e intereses de la sociedad y, entonces, será más factible que la ciudadanía vigile el funcionamiento de los programas y se sume a ellos (p.253).

No obstante, la confianza, en este sentido, es pieza fundamental en el engranaje para la participación y cooperación entre sociedad y gobierno. En el caso de La Negreta la confianza entre habitantes y autoridades, y entre habitantes mismos, es escaza; condición que conduce al desarrollo de estrategias individualistas que, como Ostrom (2000) señala, derivan en tácticas aisladas y de corto plazo, impidiendo la construcción de una estructura organizativa de largo plazo que permita lograr acciones colectivas exitosas (p.254).

Los nuevos cuestionamientos que se desprenden de este análisis es conocer cómo se dan las relaciones de poder y conocer los intereses que tiene el poder para incurrir en procedimientos clientelares y/o paternalistas que desvinculan de lo público a los habitantes. Ha sido evidente que los ciudadanos apoyan a sus autoridades y representantes por miedo al ostracismo, o en la búsqueda de alguna retribución en especie.

Dicho lo anterior puede formularse una nueva hipótesis sobre el proceso de urbanización y mejoramiento del nivel de vida a largo plazo, con la particularidad de que prevalece un retroceso en la ciudadanización, obstaculizando el camino hacia una democracia más participativa. El supuesto es que se incentiva la intervención de los ciudadanos a través de mecanismos clientelares que funcionan bien a los líderes y representantes, ya que estos no fomentan ni proponen una modificación que encamine hacia un modelo gobernanza en donde predomine la participación responsable, activa y nutrida.

Nota: Los nombres de los informantes cuyas conversaciones y diálogos fueron citados en este artículo, así como los nombres que ellos mismos han mencionado para referirse a otras personas, fueron omitidos con la intención de garantizar su privacidad y anonimato.

Referencias Bibliográficas

Bacharach, M. and Gambetta, D. (2001): "Trust in Signs". In K. S. Cook (Ed.), Trust in Society. (pp.148-184) New York: The Russell Sage Foundation.

Cantú, G., & Pereda, P. (2021). La construcción de lo público en el diseño de la política. En J. Villalobos (Presidencia), Repensando los roles y dimensiones de la sociedad civil en escenarios inciertos. Simposio o conferencia llevado a cabo en el XX Congreso de investigación sobre el tercer sector, Universidad de las Américas Puebla.

CONEVAL. (2018). Pobreza en México. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx

Delhey, J., Newton, K., Welzel, C. (2011): "How general is trust in "most people"? Solving the radious of trust problem". American Sociological Review 76(5): 786-807.

Elster, J. (1988). Tuercas y tornillos. Una introducción a los conceptos básicos de las ciencias sociales. Barcelona, España: Gedisa

Goffman, E. (2001). La presentación de la persona en la vida cotidiana. Buenos Aires, Argentina: Amorrortu editores.

Hardin, R. (2002): Trust and trustworthiness. New York: The Russell Sage Foundation.

INEGI. (2020) Censo de Población y Vivienda. https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9

INEGI. (2019). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública resultados. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/envipe/2019/doc/envipe2019_presentacion_nacional.pdf

Méndez, J. (2020). Políticas públicas: enfoque estratégico para América Latina. Ciudad de México, México: FCE

Olson, M. (1965): The Logic of Collective Action. Public Goods and the Theory of Groups. Cambridge, MA: Harvard University Press

Ostrom, E. (2000): El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva. México DF: UNAM/CRIM/FCE

Scott, J. (2016). Los dominados y el arte de la resistencia. México DF: Ediciones Era

Simpson, B., Willer, R., Ridgeway, C. (2012): "Status Hierarchies and the Organization of Collective Action." American Sociological Association, 30 (30):149-166. http://www.jstor.org/stable/41725510

Propuesta de una Aplicación Móvil de Salud Mental para Adolescentes

Proposal for a Mental Health Mobile Application for Adolescents

Luis Maobhert Casillas Avila[1], Yadira Pérez Márquez[1], Pamela Garbus[1], Angélica Juárez Loya[2], Catalina González-Forteza[3]

Resumen

La problemática suicida y el consumo de drogas constituyen dos de los problemas de salud pública que más afectan a los adolescentes. El suicidio es la segunda causa de muerte en población entre 15 y 29 años y el consumo de drogas va en aumento en los últimos años en México en esta población. Se sabe que las Apps en salud mental han tenido un impacto positivo para prevenir y psicoeducar a la población, por lo que el propósito de este trabajo será conceptualizar una estrategia de intervención por medio de una aplicación móvil psicoeducativa para adolescentes entre 12 y 18 años del Estado de Querétaro, México, para la prevención de la conducta suicida y del consumo de drogas. Se concluye que el desarrollo de una aplicación móvil facilitará un espacio de confidencialidad y consulta consecutiva de inquietudes acerca del tema de las drogas y el suicidio para los adolescentes, además que puede ser una alternativa para llegar a más usuarios, por lo que puede beneficiar al acceso a atención en salud mental en poblaciones donde no hay cubertura por la falta de recursos humanos y financieros que limitan no solo la atención sino sobre todo la promoción y prevención.

***Palabras clave*:** aplicaciones móviles, salud mental, adolescentes, conducta suicida, consumo de sustancias.

Abstract

Suicide and drugs use are two of the public health problems that most affect adolescents. Suicide is the second leading cause of death in the population between 15 and 29 years of age and drug use has been increasing in recent years in Mexico in this population. It is known that Apps in mental health have had a positive impact in preventing and psychoeducating the population, so the purpose of this work will be to conceptualize an intervention strategy through a psychoeducational mobile application for adolescents between 12 and 18 years of age in the State of Querétaro, Mexico, for the prevention of suicidal behavior and drug use. It is concluded that the development of a mobile application will facilitate a space for confidentiality and consecutive consultation of concerns about the issue of drugs and suicide for adolescents, in addition it can be an alternative to reach more users, so it can benefit access to mental health care in populations where there is no coverage due to lack of human and financial resources that limit not only care but especially promotion and prevention.

***Keywords*:** mobile apps, mental health, adolescents, suicidal behavior, substance abuse.

Introducción

Las problemáticas de salud mental han aumentado drásticamente en las últimas décadas tanto en el contexto internacional como en México. Al comienzo del nuevo milenio, en México se reportaba

[1] Maestría en Salud Mental de la Infancia y la Adolescencia, Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro; luismaobhert@gmail.com (L.M.C.A.); yperez10@alumnos.uaq.mx (Y.P.M.); pamela.garbus@uaq.mx (P.G.)

[2] Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de Querétaro; ajuarezloya@comunidadunam.mx (A.J.L.)

[3] Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Secretaría de Salud, México; catiartes@gmail.com (C.G.-F.)

una prevalencia de casi 15% de trastornos psiquiátricos infantiles, lo que equivale a que 5 millones de niñas y niños sufrían de algún problema de salud mental.

Los adolescentes son una población especialmente vulnerable al desarrollo de problemas de salud mental. El impacto de los cambios físicos, psicológicos y sociales de esta etapa, puede afectar de diferentes formas su estado de bienestar o el desarrollo de habilidades que después serán parte de los recursos útiles de la vida adulta, además hay una mayor exposición a factores de riesgo en esta etapa que pueden afectar su salud mental.

La problemática suicida es un aspecto especialmente alarmante de la salud mental de esta población pues para 2020 en México, se contabilizaron 7,896 suicidios, de los cuales, sus principales causas fueron lesión por ahorcamiento, estrangulamiento o sofocación con 6,663 casos (84.4%), seguidas de las causadas por armas de fuego con 531 casos (6.7%). Del grupo de edad de 10 a 14 años, hubo 122 suicidios en mujeres y 156 en hombres, mientras que del grupo de 15 a 24, se presentaron 516 suicidios en mujeres y 1,505 en hombres, siendo este último grupo de edad el segundo que concentró la mayor proporción de suicidios con 25.6% (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT) refiere que la prevalencia de intento de suicidio en adolescentes del Estado de Querétaro fue de 2% y en el grupo de 13 a 15 la prevalencia fue del 3%. Además, si en esta etapa los adolescentes viven con su pareja, la prevalencia aumenta (8.6%), también es mayor en quienes consumieron alcohol (3.4%) y en los que sufrieron algún tipo de violencia en los últimos 12 meses (11%) (Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], 2013).

En San Juan del Río, Querétaro se ha referido una alta prevalencia de ideación suicida reciente (10.7%), ideación suicida actual (4.6%) y conducta suicida (20%) en estudiantes de escuelas secundarias públicas, manifestando una relación significativa predictora con los factores de riesgo depresión, impulsividad, locus de control interno, consumo de alcohol, marihuana, inhalables y problemas económicos (Garbus, 2020; González, 2019).

Otra de las problemáticas más prevalentes en este grupo es el consumo de drogas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2019); Secretaría de Salud [SSA], 2019), el cual compromete el desarrollo orgánico, psicológico y social, por lo que se requieren estrategias de prevención y atención para este tema.

La Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco 2016-2017 (ENCODAT), reportó un aumento significativo en el consumo de drogas al menos una vez en la vida entre el 2011 y el 2017, del 7.8% al 10.3% respectivamente. Para los adolescentes de entre 12 y 17 años la ENCODAT señaló una prevalencia de consumo de drogas al menos una vez en la vida del 6.6 %, esto equivaldría aproximadamente a tres millones de jóvenes.

En Querétaro, un estudio epidemiológico del 2019, tomó datos en una muestra probabilística de 992 adolescentes de entre 11 y 16 años, estudiantes de escuelas secundarias públicas del municipio de Cadereyta, encontró que el 63.3% de los encuestados refieren haber consumido al menos una droga una vez en la vida (Banda, 2019) y 30.2% más de una droga al menos una vez en la vida (Garbus, 2020).

Este aumento en el consumo de drogas en los últimos años puede estar relacionado con factores como la violencia, la criminalidad o la práctica de actividades de riesgo y pese a la gravedad de estas problemáticas y que los organismos internacionales instan a los países a actuar para mejorar las condiciones de salud mental de la población, en México existe una escasa oferta de servicios que promuevan las prevención del consumo de estas estancias y de la promoción de la salud mental en general. La falta se hace aún más evidente cuando se evalúan los servicios de salud mental especializados para población infanto-juvenil.

Además, los adolescentes no perciben los recursos de salud como accesibles para ellos, ya sea por las

características del sistema o por las construcciones culturales propias de este grupo (Garbus et al., 2017), por lo que es preciso pensar acciones que pongan a los adolescentes como población foco y que busquen aportar a la mejora de las condiciones de salud mental desde una perspectiva de prevención y promoción de la misma.

El creciente uso de las tecnologías de la información y la comunicación como los dispositivos móviles y la necesidad de desarrollar e implementar nuevas estrategias y acciones obliga a considerar el uso de estos dispositivos y herramientas de uso cotidiano con fines preventivos. Hernández (2020) afirma la necesidad de ampliar las actividades tendientes al cuidado de la salud y la prevención en el ámbito digital, pues el uso de estas herramientas puede acortar las distancias y ser un vínculo más directo de acceso a estos servicios.

De esta forma, este trabajo construirá una estrategia de intervención enfocada a la prevención por medio de una aplicación móvil bajo la técnica psicoeducativa dirigida a adolescentes de entre 12 y 18 años del Estado de Querétaro, para la prevención de la conducta suicida y del consumo de drogas, así como acortar la brecha de acceso a los servicios sanitarios.

Método

Tipo de estudio. Estudio documental para fundamentar el contenido psicoeducativo de la aplicación.

Población objetivo. Adolescentes de 12 a 18 años residentes del Estado de Querétaro, México.

Resultados

Para desarrollar los contenidos de la aplicación móvil psicoeducativa se requiere de una revisión documental sobre salud mental, adolescencia, conducta suicida en adolescentes, consumo de drogas, procesos psicoeducativos eficientes para esta población y estos temas, salud y aplicaciones móviles.

Hasta el momento, se han revisado 141 textos científicos (artículos, libros, informes de investigación, informes nacionales e internacionales y páginas de instituciones oficiales en internet. No todos se muestran en este trabajo, pero a continuación se presenta una reseña breve de los hallazgos recopilados para el desarrollo de la aplicación móvil psicoeducativa para adolescentes que aborde la problemática suicida y de consumo de drogas.

La problemática suicida en adolescentes

La problemática suicida es compleja y multifactorial pues está relacionada con factores biológicos, psicológicos, socioeconómicos o culturales.

El suicidio no constituye un hecho aislado, se considera un continuo que va desde la mera ocurrencia hasta la consecución del suicidio, pasando por la ideación, la planificación y el intento suicida (Salvo & Melipillán, 2008), del cual, la ideación es uno de los factores de riesgo más importantes para el suicidio (González-Forteza et al., 1998).

A pesar de que el suicidio ocurre con más frecuencia en personas mayores que en personas jóvenes, sigue siendo una de las principales causas de muerte en la adolescencia en todo el mundo. En 2016 fue la segunda causa de muerte en personas de 15 a 29 años a nivel mundial (OMS, 2019).

En México, al igual que en el suicidio consumado, se ha observado un aumento de la conducta suicida principalmente en adolescentes (González-Forteza et al., 1998). Entre 2018-19, casi 4% de los adolescentes (895 464 adolescentes) reportaron haberse hecho daño con el fin de quitarse la vida (Shamah-Levy et al., 2020) y se sabe que esta conducta va en aumento pues en 2012 solo 2.70% reportaron esta acción (INSP et al., 2013).

Entre 1970 y 2016 la tasa de mortalidad por suicidios en jóvenes, casi se quintuplicó, pasando de 1.13 en 1970; a 5.2 en 2016, donde se presentaron 4.4 suicidios masculinos por cada femenino; para la población de 15 a 29 años es la tercera causa de muerte en ambos sexos, después de los homicidios y accidentes de vehículo automotor; por lo que el suicidio constituye una de las principales causas de

años de vida perdidos por muerte prematura (Dávila & Luna, 2019).

Se han descrito factores asociados al desarrollo de conducta suicida en adolescentes como ser mujer, psicopatologías como depresión, ansiedad y trastorno bipolar; antecedentes de otras enfermedades mentales, abuso sexual, disfunción familiar, baja autoestima, bullying y estrés escolar (Domínguez et al., 2019).

El suicidio impacta en todos los ámbitos del adolescente y a nivel social, por lo que la prevención de este fenómeno comienza a partir de la promoción de la Salud Mental.

Consumo de drogas en adolescentes

El consumo de drogas en adolescentes es un problema que requiere del desarrollo de nuevas estrategias para su abordaje, puesto que los programas de atención y prevención del consumo no han tenido el resultado esperado.

En México, en los últimos años se han generado diversas iniciativas gubernamentales para atender el consumo de sustancias adictivas; la Comisión Nacional Contra las Adicciones (CONADIC) ofrece servicios de atención primaria en adicciones desde las unidades médicas de especialidad CAPA, así como servicios de atención en los centros de integración juvenil (CIJ) con 104 unidades de consulta externa y 11 unidades de hospitalización que se pueden entender como servicios de atención primaria (SSA, 2019).

En casos más graves, se ofertan servicios de internamiento a través de clínicas de iniciativa privada, hasta el 2018 se contaba con 2108 clínicas en todo el país. Así mismo desde el 2019 se inició con el programa "Juntos por la Paz", iniciativa del gobierno federal como parte de la estrategia nacional contra las adicciones, con campañas de intervención comunitaria dirigidas especialmente a los jóvenes. Además, la CONADIC ha generado desde 2018 una línea telefónica y una plataforma interactiva digital por medio de redes sociales como Facebook llamada "La línea de la Vida" donde cualquier persona puede escribir un mensaje y un "ChatBot" registra y da seguimiento al usuario para canalizarlo a las distintas instituciones de atención. De esta manera, el panorama nacional dibuja toda una estructura de atención a la prevención y la asistencia contra el consumo de drogas desde poblaciones adolescentes y población en general, sin embargo, las estadísticas de aumento en el consumo muestran que estas medidas no están respondiendo de manera eficaz a la prevención del consumo de drogas en población adolescente ya que por su centralidad, no pueden cubrir el acceso a toda la población (OMS, 2019; SSA 2019).

En Querétaro los servicios públicos de atención y prevención del consumo de sustancias son administrados por el Consejo Estatal Contra las Adicciones (CECA) y por la Secretaría de Salud del Estado, pese a estas acciones, los alcances de estos programas no han generado la cobertura requerida para que toda la población del estado acceda a estos servicios y, en específico, los adolescentes, de modo que la brecha de accesibilidad sigue siendo un problema por resolver, ya que la mayoría de estos programas se encuentran focalizados en centros o instituciones localizadas en los principales asentamientos del estado; lo cual repercute directamente en la posibilidad de acceso de poblaciones alejadas de estos puntos, incluso para las poblaciones de jóvenes dentro de los sectores con acceso a los servicios de atención y prevención al consumo de sustancias, y los servicios de salud en general ya que los procesos de atención pueden llegar a ser indirectos o con poca sensibilidad para detectar situaciones de riesgo e intervenir con estrategias de prevención.

Las restricciones generadas por la pandemia actual, dificultan más este panorama y vuelven más necesario implementar medidas en intervención que incluyan el uso de herramientas virtuales que en algunos países han demostrado eficacia en el tratamiento de distintos problemas vinculados a la salud mental (Ali et al., 2015).

Las principales técnicas empleadas para realizar programas de prevención de abuso de sustancias son

las técnicas psicoeducativas, los grupos con monitores pares y programas culturales.

Aplicaciones móviles en salud mental

En la última década, y sobre todo en países desarrollados, ha crecido el número de programas enfocados a la salud a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (Ali et al., 2015). Por otro lado, ha incrementado el interés clínico y de investigación en las aplicaciones móviles (Apps) para la salud física y mental, por lo que ha incrementado la demanda por parte de los usuarios (Huckvale et al., 2020).

De hecho, las intervenciones digitales son cada vez más promovidas como una forma de ayudar a las personas en riesgo de suicidio o consumo de drogas que no buscan ayuda profesional cara a cara, sino a través de programas en línea y tiendas de Apps, debido a que las intervenciones digitales tienen el potencial de aumentar la búsqueda de ayuda y brindar acceso más temprano a la atención, para reducir la frecuencia e intensidad de problemas de salud mental (Torok et al., 2020).

En México existen algunas experiencias en el uso de Apps para atender problemas de salud mental, por ejemplo, HelPath, que está desarrollada para brindar acompañamiento a pacientes con tendencia suicida, no obstante, sólo se puede hacer uso de ella bajo prescripción médica y únicamente está disponible en seis unidades médicas del estado de Nayarith. La App digital ¿qué pasa si te pasas? desarrollada por investigadores del INPRFM está diseñada con el objetivo de brindar información de manera didáctica sobre las drogas y la prevención de problemas relacionados con estas. Es una aplicación que está dirigida a la población en general.

Psicoeducación en Salud Mental

Las técnicas psicoeducativas son estrategias educativas que se han implementado como herramientas complementarias para la prevención en salud mental. Cuando se educa, se desarrollan en los individuos conductas sanas para evitar daños a la salud, propia y de la comunidad. Así, la psicoeducación puede abarcar medidas para evitar la aparición de enfermedad, la prevención primaria, secundaria y terciaria que limita los daños y rehabilita las capacidades y funciones comprometidas por dichos daños (López & Hernández, 2011).

En la medida que los pacientes y sus familiares sean capaces de reconocer las características de las enfermedades y su sintomatología podrán recurrir de manera temprana a centros de atención. Así, la psicoeducación permite a las personas identificar las señales de alarma, realizar un contacto eficaz con el equipo tratante, solicitar un mejor reporte de lo observado y evitar que cuadros incipientes se agraven optimizando los tiempos de intervención (Godoy et al., 2020), por lo que es de suma importancia la utilización de estas técnicas y si estas pueden llevarse a Apps, tendrán el potencial de abarcar a una mayor cantidad de personas, especialmente si se trata de adolescentes puesto que este grupo se encuentra muy familiarizado con las Apps y su uso.

Conclusiones

Las alarmantes cifras en materia de salud mental adolescente, la falta servicios de atención disponibles y la falta de acciones de prevención y promoción de la salud en México, condujo a pensar en el desarrollo de Apps para favorecer la salud mental adolescente del Estado de Querétaro, se considera que son nuevas formas de acercarse a la población adolescente.

Los adolescentes utilizan las TIC de manera frecuente, invirtiendo una buena cantidad de tiempo en el uso de smartphones, redes sociales y Apps de diversa índole. Reconociendo que la utilización de TIC puede contribuir a prevenir problemas de salud, se consideró que el desarrollo de una aplicación móvil facilitará un espacio de confidencialidad, consulta consecutiva de inquietudes acerca del tema de drogas y suicidio, así como recomendaciones que podrán favorecer el estado emocional de los adolescentes.

Las Apps de salud pueden ser una alternativa para llegar a más usuarios, por lo que puede beneficiar al acceso a atención en salud mental en poblaciones donde no hay cobertura por la falta de recursos humanos y financieros que limitan no solo la atención sino sobre todo la promoción y prevención, la naturaleza casi omnipresente de las Apps las convierte en fuentes de salud mental rentables y pueden resultar valiosas para adolescentes que viven en comunidades remotas, donde se manifiestan desventajas estructurales que impactan negativamente su salud (Kenny et al., 2016).

En el estado de Querétaro, no existe una aplicación móvil con un objetivo psicoeducativo que pueda orientar a los adolescentes en las problemáticas aquí abordadas: conducta suicida y consumo de drogas; por lo que se pretende desarrollar esta herramienta, buscando que oferte contenido psicoeducativo con fines preventivos y favorezca el acceso a los servicios de salud mental.

Referencias

Ali, K., Farrer, L., & Gulliver, A. (2015). Online Peer-to-Peer Support for Young People With Mental Health Problems: A Systematic Review. *JMIR Mental Health,* 2(2), 1-9. https://doi.org/10.2196/mental.4418

Banda A. B. V. (2019). *Prevalencia del consumo de alcohol, tabaco y drogas en adolescentes y su relación con factores psicológicos y psicosociales*. Universidad Autónoma de Querétaro.

Dávila, C., & Luna, M. (2019). Intento de suicidio en adolescentes: factores asociados. *Revista Chilena de Pediatría, 90*(6), 606-616. http://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i6.1012

Domínguez, O. E., Meza, M. M., & Cañón, S. (2019). Determinación de los factores de riesgo asociados a la conducta suicida en adolescentes. *Collection of Articles on Medicine,* 1-12. https://www.scipedia.com/public/Ortiz_et_al_2019a#

Instituto Nacional de Salud Pública [INSP]. (2013). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por entidad federativa. Querétaro. México: Instituto Nacional de Salud Pública. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2012/doctos/informes/Queretaro-OCT.pdf

Shamah-Levy, T., Vielma-Orozco, E., Heredia-Hernández, O., Romero-Martínez, M., Mojica-Cuevas, J., Cuevas-Nasu, L., Santaella-Castell, J. A., & Rivera-Dommarco, J. (2020). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19. Resultados nacionales.* INSP. https://www.insp.mx/produccion-editorial/novedades-editoriales/ensanut-2018-nacionales

Garbus, P. (2020). *Prevalencia del consumo de alcohol, tabaco y drogas en adolescentes y su relación con factores psicológicos y psicosociales*. Universidad Autónoma de Querétaro.

Garbus, P., Morales, O. A., & Cabello, Á. L. S. (2017). Accesibilidad a la atención en salud de adolescentes en San Juan del Río, Querétaro (México). *Enseñanza e Investigación en Psicología, 22*(3), 277-285. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29255775002

Godoy, D., Eberhard, A., Abarca, F., Acuña, B., & Muñoz, R. (2020). Psicoeducación en salud mental: una herramienta para pacientes y familiares. *Revista Médica Clínica Las Condes, 31*(2), 169-173. https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.01.005

González, K. S. (2019). *Prevalencia de ideación y conducta suicida adolescente y su relación con factores psicológicos y psicosociales*. [Tesis de Maestría] Universidad Autónoma de Querétaro.

González-Forteza, C., Berenzon, G. S., Tello, G. A. M., Facio, F. D., & Medina-Mora, I. M. E. (1998). Ideación suicida y características asociadas en mujeres

adolescentes. *Salud Pública de México, 40*(5), 430-437. https://www.scielosp.org/pdf/spm/v40n5/Y0400507.pdf

Hernández, R. J. (2020). Impacto de la COVID-19 sobre la salud mental de las personas. *Revista Científica Villa Clara*, 578 – 594. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432020000300578

Huckvale, K., Nicholas, J., Torous, J., & Larsen, M. (2020). Smartphone apps for the treatment of mental health conditions: status and considerations. *ScienceDirect, 36*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.04.008

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021, 29 de Julio). *Características de las defunciones registradas en México durante 2020, preliminar* [Comunicado de prensa núm. 402/21]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/DefuncionesRegistradas2020_Pre_07.pdf

Kenny, R., Dooley, B., & Fitzgerald, A. (2016). Developing mental health mobile apps: Exploring adolescents' perspectives. *Health Informatics Journal, 22*(2), 265-275. https://doi.org/10.1177/1460458214555041

López, V. O., & Hernández, M. (2011). Efectividad de la psicoeducación en la calidad de vida en pacientes con enfermedad mental. Estudio piloto. *Rev Neurol Neurocir Psiquiat., 44*(3), 94-100.

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (28 de Noviembre de 2019). *Trastornos mentales*.https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders

Secretaría de Salud. [SSA] (2019). Informe sobre la Situación del Consumo de Drogas en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/477564/Informe_sobre_la_situacio_n_de_las_drogas_en_Me_xico_.pdf

Salvo, L., & Melipillán, R. (2008). Predictores de suicidalidad en adolescentes. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría. 46*(2), 115-123 http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272008000200005

Torok, M., Han, J., Baker, S., Werner-Seidler, A., Wong, I., Larsen, M., & Christensen, H. (2020). Suicide prevention using self-guided digital interventions: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Lancet Digital Health, 2*, 25-36. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30199-2

Habilidades de Inteligencia en estudiantes y egresados de la carrera de psicología

La autora del trabajo de investigación es Luciana Ramírez Osio bajo la asesoría de la M. en C. Melissa Calderón Carrillo.

E-mail: ossioluciana@gmail.com

Facultad de psicología de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Resumen

Este estudio tiene por objetivo identificar las habilidades de Inteligencia Emocional con las que cuentan los estudiantes y egresados de la licenciatura de la UAQ y destacar la opinión sobre las habilidades que han desarrollado y creen necesitar. Se realizó la aplicación de la medida de autoinforme TMMS-24 y de un cuestionario sobre la opinión de habilidades de Inteligencia Emocional a una muestra de 10 estudiantes y 10 egresados de la licenciatura de psicología de la UAQ. Los resultados señalan que las habilidades de Inteligencia Emocional entre los dos grupos son distintas, pero en su mayoría son adecuadas. En conclusión, los estudiantes y egresados de la licenciatura de psicología de la UAQ han desarrollado de forma adecuada sus habilidades de Inteligencia Emocional.

Abstract

The purpose of this study is to identify the Emotional Intelligence skills that students and graduates of the UAQ bachelor's degree program have and to highlight their opinion about the skills they have developed and believe they need. The self-report measure TMMS-24 and a questionnaire on the opinion of Emotional Intelligence skills were applied to a sample of 10 students and 10 graduates of the psychology degree program at UAQ. The results indicate that the Emotional Intelligence skills of the two groups are different, but mostly adequate. In conclusion, the students and graduates of the psychology degree at UAQ have adequately developed their Emotional Intelligence skills.

Introducción

Desde hace algunos años, la Inteligencia Emocional se ha vuelto muy popular, sobre todo por su valor para afrontar los problemas de la vida cotidiana (Fernández- Berrocal y Ramos, 2002; 2004, como se citó en Extremera y Fernández-Berrocal 2005), tanta importancia ha tomado en la sociedad que cada vez se puede observar con mayor facilidad en los currículos de las escuelas y como requisito fundamental para los trabajos.

La Inteligencia Emocional es un concepto acuñado y desarrollado por Mayer y Salovey entre 1990 y 1993, basado en el modelo de inteligencias múltiples y desprendido de la inteligencia intrapersonal e interpersonal.

Para los autores, la inteligencia emocional se define como la habilidad que procesa la información emocional, permitiendo utilizar nuestras emociones para facilitar un razonamiento más efectivo y pensar de forma más inteligente sobre nuestra vida emocional (Mayer y Salovey, 2004).

A partir de esa definición, se pueden explicar las cuatro habilidades que forman este modelo:

- La percepción emocional, que permite identificar las emociones propias y de los demás.
- La facilitación emocional, el uso de las emociones en los procesos cognitivos.
- La comprensión emocional, referente a poder diferenciar las señales emocionales, así como sus causas.
- La regulación emocional, que consiste en la apertura a las emociones de cualquier tipo y la reflexión sobre sus beneficios.

Es por ello, que se pretenden identificar las habilidades de Inteligencia Emocional con las que cuentan los estudiantes y egresados de la licenciatura de psicología de la UAQ y destacar la opinión sobre las habilidades que han desarrollado y creen necesitar. Considerando que, por su labor, al estar en contacto con las emociones de manera muy regular y especial es fundamental que se desarrollen estas habilidades desde la formación

Metodología

Se utilizó un enfoque mixto de tipo descriptivo. La muestra estuvo conformada por dos grupos diferenciados por el estado académico en el que se encuentren de la licenciatura en psicología de la UAQ. Se trata de una muestra no probabilística por conveniencia, siendo 10 estudiantes y 10 egresados.

Se utilizó la medida de autoinforme TMMS-24 y un cuestionario para conocer la opinión sobre las habilidades de Inteligencia Emocional con las que cuentan y creen necesitar.

La TMMS-24 (Spanish modified Trait Meta-Mood Scale 24) es una versión reducida del TMMS-48, que consiste en una escala rasgo de metaconocimiento que evalúa las diferencias individuales en las destrezas con las que los individuos son conscientes de sus propias emociones, y está compuesta por tres dimensiones que son la atención a los sentimientos, claridad emocional y reparación de los sentimientos. Se les pide a los sujetos que evalúen el grado en el que están de acuerdo con cada uno de los ítems sobre una escala de tipo Likert de 5 puntos compuesta por 24 ítems.

El cuestionario es un Google Forms que tiene como objetivo recabar el conocimiento y las opiniones acerca de las habilidades de Inteligencia Emocional, la importancia que consideran tiene en la formación psicológica, con las que creen contar, cómo las desarrollan y las que son necesarias en el ejercicio profesional. Es un cuestionario diferente para cada muestra.

Se mandó la medida de autoinforme TMMS-24 y el cuestionario a través de correo electrónico. Después, se hizo la evaluación del TMMS-24 y la revisión de los cuestionarios.

Resultados

Los resultados de la medida de autoinforme TMMS-24 se muestran a continuación (Gráfico 1, Gráfico 2 y Gráfico 3):

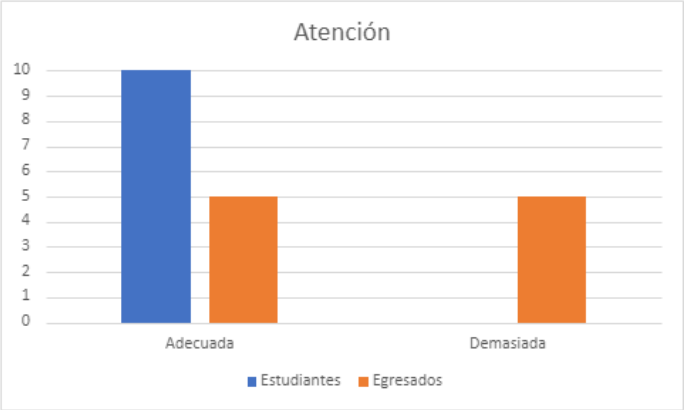


Gráfico 1

En el gráfico 1, se observa la capacidad de atender a los sentimientos de forma adecuada. El total de los estudiantes lo hace de manera adecuada, mientras que la mitad de los egresados también es adecuada y la otra mitad presta demasiada atención.

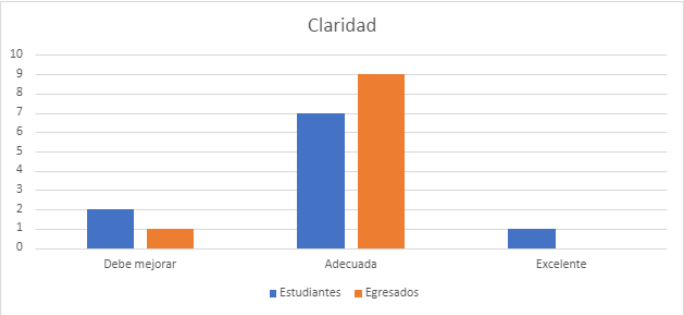


Gráfico 2

El gráfico 2 muestra que tan bien se comprenden los estados emocionales. Dos estudiantes deben mejorar, siente presentan una adecuada claridad y para uno es excelente, por otro lado, uno de los egresados debe

mejorar y los nueve restantes tienen una claridad adecuada.

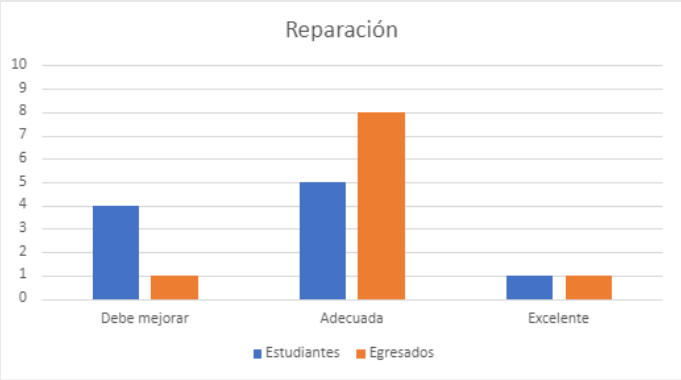


Gráfico 3

El gráfico 3 presenta la capacidad de regular los estados emocionales de forma adecuada. Cuatro estudiantes deben mejorar, para cinco es adecuada y para uno excelente, en el caso de los egresados, uno debe mejorar, muestran una adecuada reparación y uno restante excelente.

Discusión y conclusiones

A partir de los resultados se puede concluir que los estudiantes y egresados de la licenciatura de psicología de la UAQ han desarrollado de forma adecuada sus habilidades de Inteligencia Emocional.

Referencias bibliográficas

Fernández-Berrocal, P. y Extremera, N. (2005). La Inteligencia Emocional y la educación de las emociones desde el modelo de Mayer y Salovey. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19* (3), 63-93.

Mayer, John D. (2004) "What is Emotional Intelligence?". UNH Personality Lab. 8. https://scholars.unh.edu/personality_lab/8

La influencia de la autoestima sobre el rendimiento académico de los niños y niñas.

Autor: Mónica Rebollo Servín
(mrebollo24@alumnos.uaq.mx)
Asesor: Mtra. Melisa Calderón Carrillo
Facultad de Psicología
Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

El presente trabajo de investigación muestra la influencia de la autoestima dentro del ámbito escolar de estudiantes de Quinto y Sexto grado de educación primaria, tomando únicamente escuelas públicas en México durante 2021. Tiene por objetivo identificar la correlación entre el nivel de autoestima que presentan los niños y niñas de diez a trece años de edad con el rendimiento académico obtenido a lo largo de un año escolar en educación primaria.

La investigación se realizó a través de un diseño correlacional, se contó con 11 participantes conformados por seis mujeres y cinco hombres, siete se encuentran cursando 6to grado y los cuatro restantes en 5to grado. Se aplicó la escala de Autoestima de Rosenberg, los dominios de escritura, lectura y aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) y se solicitaron las boletas del último ciclo escolar cursado. Permitiendo identificar el nivel de autoestima y la influencia sobre el rendimiento académico de cada uno de los participantes, evaluando y correlacionando los resultados de las pruebas aplicadas con las calificaciones obtenidas en las materias de español y matemáticas.

Después de haber iniciado con el proceso de correlación de los resultados obtenidos de los estudiantes se encuentra en los resultados preliminares, correlaciones entre el nivel de autoestima obtenido y algunos subdominios evaluados, específicamente en el dominio de la escritura.

Palabras clave: Autoestima, rendimiento académico, educación primaria, lectura, escritura.

Abstract

The current research work shows the influence of self-esteem within the school environment applied to students of Fifth and Sixth grade of elementary education, taking public schools in Mexico during 2021. Aims to identify the correlation between the level of self-esteem that children present from ten to thirteen years of age with the academic performance obtained throughout a school year in elementary education.

The research was conducted through a correlational design, there were 11 participants made up of six women and five men, seven are in 6th grade and the remaining four in 5th grade. The Rosenberg Self-Esteem Scale, the writing, reading and arithmetic domains of the Child Neuropsychological Assessment (ENI) were applied for and the ballots for the last school year were requested. Allowing to identify the level of self-esteem and the influence on the academic performance of each of the participants, evaluating and correlating the results of the applied tests with the grades obtained in the subjects of spanish and mathematics.

After having started with the process of correlating the results obtained from the students is found in the preliminary results, correlations between the level of self-esteem obtained and some subdomains evaluated, specifically in the domain of writing.

Key words: Self-esteem, academic performance, elementary education, reading, writing.

Introducción

La autoestima es un tema extenso y que es propio de cada una de las personas a lo largo de su vida, está puede tener variaciones importantes dependiendo del contexto social en donde las

personas se desarrollen, de las relaciones forjadas entre pares o grupos y también de la propia relación que se tiene consigo mismo o misma la cual puede presentarse de manera positiva o negativa o incluso ser una mezcla entre una y otra siendo de está manera voluble a las circunstancias externas e internas que le atañen a cada uno de nosotros.

Generalmente se presta mayor atención en que los estudiantes tengan un buen desempeño escolar y sean de cierta manera, y cuándo no es así, llegan a existir reprimendas hacia ellos tanto en casa como en la escuela o algunas veces simplemente pasa de largo dependiendo del contexto social, escolar y/o familiar en donde se encuentren.

‘’El hogar y la escuela deben convertirse en espacios agradables donde el alumno se sienta bien y estimado a reflexionar y actuar. Y es tarea de los familiares, maestros y directivos crear estos espacios y conducir, con ternura y amor, la actividad del alumno’’ (Lojano, 2017, p.14).

Es notable que escasas ocasiones se voltea a ver los niveles de satisfacción, de motivación y de autoestima que presentan los estudiantes, ignorando completamente que pueden existir causas variadas que afectan de diferentes maneras al rendimiento académico, la presente investigación pretende mostrar la correlación existente entre la autoestima y el buen o mal rendimiento escolar que presentan los niños y niñas, tomando en cuenta que existen muchos otros factores que pueden afectar al rendimiento escolar de los sujetos, sin embargo, el trabajo se encuentra focalizado en la autoestima la cual es un conjunto de sentimientos, pensamientos, afectos, percepciones, seguridad y comportamientos dirigidos hacia uno mismo, por lo que dentro de la misma se retoman diversos factores propios del estudiante que pueden favorecer o perjudicar los demás ámbitos de su vida diaria incluyendo el ámbito académico, siendo así, un elemento completo que favorece a la correlación esperada.

Legalmente se considera a los niños desde los cero hasta los dieciocho años, sin embargo, dentro de este rango de edad existen distintas etapas por la que los seres humanos pasan y retomando esto último, se percibe que generalmente se toma la niñez a partir de los cuatro o seis años hasta los doce años de edad.

Para el presente trabajo de investigación se retoman las edades de 10 y 11 años de edad tanto de niñas como de niños, entrando así dentro de la categoría esperada de la niñez.

Los niños y niñas construyen su mundo personal y social a lo largo de los años, es bien sabido que la autoestima es una parte fundamental que rige a los seres humanos desde una temprana edad y que en ella influyen múltiples factores que primeramente se relacionan con los ámbitos familiares, la autoestima se puede medir o evaluar de distintas maneras y de acuerdo a qué tan alta, media o baja sea, será la forma en que va a repercutir en la vida diaria de los sujetos, en la relación que mantienen consigo mismos y también con las demás personas que le rodean así como sus actividades, en el caso de los niños puede repercutir en su confianza, en su liderazgo, su rendimiento escolar y su autopercepción y algunos otros ámbitos.

‘’Los niños genuinamente son muy susceptibles y muchos a diario son afectados por los pequeños sucesos que ocurren en las aulas o escuelas. Los fracasos, las experiencias negativas y el miedo pueden bajar la autoestima, mientras que los éxitos, las buenas relaciones y el amor pueden aumentarla’’ (Acosta y Hernández, 2004, p.84).

Generalmente la autoestima se ve reflejada y se construye a partir de las relaciones existentes en el hogar como se mencionó anteriormente, sin embargo, también influye el ámbito escolar de manera directa pues gran parte de las personas conviven diariamente en estos espacios y sus capacidades de aprendizaje y socialización se ponen a prueba en ellos, siendo de está manera relevante observar cómo se construye dicha autoestima en las escuelas, cuáles son los factores que influyen en ella y señalar asimismo, las repercusiones que podría tener en el rendimiento académico de los estudiantes.

Estrada (2017) habla de la definición de la autoestima y menciona que ''para la psicología, se trata de la opinión emocional que los individuos tienen de sí mismo y que supera en sus causas la racionalización y la lógica. Es un sentimiento valorativo de nuestro conjunto de rasgos corporales, mentales y espirituales que forman la personalidad'' (párr. 1).

Asimismo, para Estrada (2017) existen 3 tipos de autoestima:

La autoestima alta, que también es positiva y es el nivel deseable en donde una persona debería poder posicionarse para ser consciente de su valor, capacidades y estar satisfecha consigo misma y su vida; la autoestima media, tiene cierta inestabilidad en la propia percepción y puede tener matices entre lo positivo y negativo, tendiendo hacia ambos extremos dependiendo de la situación y por último la autoestima baja en donde la persona siente inseguridad, fracaso, incapacidad, y otros términos negativos (párr. 5).

Dichos tipos serán evaluados en esta investigación con el fin de obtener un puntaje concreto que posicione a cada uno de los participantes en uno de los tres tipos de niveles de autoestima dando así la primera de las variables a correlacionar.

Por otra parte, García Correa, Calvo Hernández y Marrero Rodríguez (2006) retoman las dimensiones de la autoestima, las cuales son cuatro y tienen una relevancia importante en el ámbito escolar, la primera de ellas es la dimensión física, la cual involucra el sentirse atractivo así como fuerte y capaz de defenderse, así como sentimientos de armonía y coordinación, la segunda que es la dimensión social refiere a sentirse aceptado o rechazado por los demás participantes de su contexto y por tanto, formar parte o no de dichos grupos sociales, la tercera es la dimensión afectiva que retoma la autopercepción de la personalidad y por último la dimensión ética que es en donde el niño retoma los valores y normas individualmente y sus sentimientos hacia los adultos cuando las transgrede (p. 204).

Las consecuencias de la baja autoestima se considera que son cambios en la personalidad del niño y sus formas de actuar y sentir cuando el niño está aprendiendo, asimismo, en el ámbito social ocasiona problemas en la relación de pares, ocasiona violencia y discriminación, aunque algunos docentes consideran que las consecuencias dependen también del grado de autoestima del niño y del compromiso que tienen las familias con ellos.

Dentro de lo descrito anteriormente se encuentra inmersa la autoestima académica siendo esta una de las ramas que posee la autoestima global, la cual ‘’considera, por una parte, la autopercepción y la autovaloración de los estudiantes en relación a su capacidad de aprender y, por otra, las percepciones y actitudes que tienen hacia el aprendizaje y el logro académico'' (Agencia de Calidad de la Educación, 2016, p. 15).

La autoestima académica es un término que pocas veces se utiliza, se trabaja o se retoma en los ámbitos escolares, sin embargo, se ha demostrado que ‘’aquellos que tienen un buen desempeño en la escuela, por lo general no presentan problemas de autoestima, y se sienten satisfechos con ellos mismos, también en otros ámbitos'' (Díaz, 2016, párr. 2), por lo que, el sentirse capaces y el sentirse exitosos en el ámbito escolar influye de manera positiva en la autoestima de los y las alumnas, siendo de está forma no únicamente en los ámbitos respectivos a la escuela sino también en su vida diaria en espacios y relaciones de diversos tipos, potenciando así la autopercepción, la autoconfianza y la estima hacia uno mismo.

Por otro lado se encuentra que ‘’los que tienen un bajo rendimiento escolar, [...] tienden a presentar una baja motivación por aprender, se esfuerzan poco, se quedan con una sensación de frustración por sus experiencias de fracaso, se sienten poco eficaces y evitan los desafíos escolares. Normalmente estos alumnos, presentan una autoestima baja'' (Díaz, 2016, párr. 2).

No en todos los casos existirá la presencia tan marcada de una autoestima baja en los alumnos con un bajo desempeño escolar, ya que esto último puede tener múltiples factores influyentes para que

se desarrolle de cierta manera y no de otra, no obstante, en gran parte de los casos evaluados una baja autoestima es evidente cuando existe al mismo tiempo un bajo rendimiento en las diversas actividades académicas que se realizan.

Esto se relaciona con el fracaso escolar, ya que muchas veces ocasiona que el autoestima y el rendimiento de la persona se vea afectado de manera negativa y no únicamente esto, sino que al igual que en los casos contrarios donde el sujeto presenta una autoestima elevada y un rendimiento académico alto, va a suceder un evento parecido pero al contrario, causando en estos casos problemas y dificultades personales que repercuten en otros ámbitos externos como las relaciones intrafamiliares pero también las extrafamiliares.

‘’El fracaso escolar supone que los problemas de rendimiento escolar y consiguiente baja autoestima y ansiedad generada en el niño no sólo le afectan a él, sino que también repercuten en su núcleo familiar’’ (Díaz, 2016, párr. 4).

Es importante retomar igualmente el término de autoconcepto, siendo necesaria su diferenciación con la autoestima, pues se pueden enlazar, pero no son idénticos.

“Existe una diferencia entre Autoestima y Autoconcepto. Mientras que la Autoestima es la valoración que las personas hacen de sí mismas, el Autoconcepto se relaciona con las cogniciones de un individuo acerca de sí mismo. El autoconcepto sería el referente de la Autoestima” (Arancibia, 2014, p. 235).

De la misma manera, se diferencia de la autoconfianza, pues ‘’la autoconfianza se refiere a objetivos o metas que una persona se propone y en su capacidad para conseguirlas, mientras que la autoestima se entiende como una valoración global que se hace una persona de sí misma’’ (Sánchez, 2019, párr. 31).

Para poder trabajar con la autoestima y evaluarla es necesario entonces saber las diferencias que tiene con otros términos, así como conocer todos aquellos componentes que entran dentro de la misma ayudando entonces con la debida correlación dentro de la presente investigación y denotando algunos otros factores que podrían ser variables a considerar al momento de obtener los resultados.

El siguiente concepto a desarrollar y con el cual se enlazará la autoestima directamente en esta investigación es el de rendimiento académico, el cual resulta difícil de definir pues tiene muchas denominaciones y conceptualizaciones distintas, en este trabajo se retoma la definición de Jiménez (2000) quien lo define como nivel de conocimientos demostrado en un área o materia comparado con la norma de edad y nivel académico.

El analizar cuáles son las consecuencias que tienen los niveles de autoestima de los niños en su rendimiento académico, podrá denotar que es relevante e importante poner atención a los procesos psíquicos que sufren los infantes al igual que cualquier otro ser humano y que estos pueden afectarles de manera positiva, neutra o negativa en su presente y/o futuro.

Algunos de los aspectos que pueden causar una autoestima baja son: ‘’el miedo, la tensión, los fracasos, las enfermedades, la angustia, la ansiedad, la disfunción sexual, las neurosis, la gordura, el incumplimiento de las metas, y las adicciones, entre otras’’ (Acosta y Hernández, 2004, p.85).

Dichos efectos son aquellos que podrían ser más evidentes cuando existe un bajo rendimiento escolar o en su contrario, descartarlos cuando existe un alto rendimiento, por lo que conocerlos y tenerlos presentes implica poder observar el fenómeno de una manera más completa permitiendo analizar y correlacionar los resultados de manera eficiente.

Metodología

La investigación se realizó a través de un diseño correlacional, se contó con once participantes conformados por seis mujeres y cinco hombres, siete se encuentran cursando 6to grado y los cuatro

restantes en 5to grado de educación primaria, todos son pertenecientes a escuelas públicas de México. El método para seleccionar la muestra fue a partir del muestreo no probabilístico.

Se utilizó un instrumento para medir la autoestima: La escala de autoestima de Rosenberg creada por el psicólogo Marshall Rosenberg, la cual permite evaluar el sentimiento de satisfacción que la persona tiene de sí misma.

La prueba ha sido traducida y validada en castellano.

De acuerdo con la sumatoria de puntos se podrá ubicar el nivel de autoestima que presentan los sujetos:

- De 30 a 40 puntos: Autoestima elevada. Considerada como autoestima normal.
- De 26 a 29 puntos: Autoestima media. No presenta problemas de autoestima graves, pero es conveniente mejorarla.
- Menos de 25 puntos: Autoestima baja. Existen problemas significativos de autoestima.

Para evaluar el rendimiento académico se utilizaron dos instrumentos: el primero de ellos fueron las boletas de calificaciones de los participantes, en las cuales se reportan las asignaturas que cursan, la calificación obtenida por materia en cada uno de los bimestres cursados a lo largo del año escolar y por último reporta la calificación final de cada materia y el promedio general obtenido, para las correlaciones que se llevarán a cabo se tomarán las calificaciones y promedio general de las materias de matemáticas y español las cuales entran dentro de aquellas oficiales para la SEP dentro del grado escolar correspondiente que cursan los estudiantes.

El segundo instrumento utilizado fue La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), esta es una batería desarrollada para población infantil latinoamericana.

Permite evaluar 9 dominios neuropsicológicos: habilidades construccionales, habilidades gráficas, memoria a corto plazo y diferida en su modalidad verbal y no verbal, habilidades perceptuales (visuales, auditivas y táctiles), lenguaje que incluye la expresión, comprensión y repetición, habilidades metalingüísticas, habilidades espaciales, atención (visual y auditiva), habilidades conceptuales, funciones ejecutivas que son los propios de una evaluación neuropsicológica estándar (Lezak; 2004, como se citó en (Matute, Inozemtseva, González Reyes y Chamorro, 2014, p. 70).

Asimismo, ‘’incluye 3 áreas académicas: Lectura, escritura y aritmética. Así como el examen de los signos neurológicos blandos, de la lateralidad manual y dos formatos para recopilación de la historia del desarrollo y de aprendizaje: el Cuestionario para Padres y la Historia Clínica’’ (Matute, Inozemtseva, González Reyes y Chamorro, 2014, p. 70).

De dicha prueba se aplicaron únicamente los dominios de lectura, escritura y aritmética.

Estos dominios permiten observar la trayectoria de las distintas funciones cognitivas de los alumnos y, por tanto, su relación con el rendimiento académico actual.

Tras terminar el periodo de aplicación de ambos instrumentos, se procedió a calificar, en el primer instrumento se obtuvieron los niveles de autoestima que presentaba cada uno de los estudiantes evaluados, mientras que en el segundo instrumento se calificaron los dominios y subdominios de acuerdo a las normas de la prueba para obtener los resultados de cada población y grupo de edad, para posteriormente realizar un trabajo de correlación entre los resultados obtenidos de ambos instrumentos y las calificaciones logradas por cada uno de los estudiantes a lo largo del ciclo escolar cursado.

Resultados preliminares

Por el momento, se están analizando los resultados de las pruebas y realizado las correlaciones pertinentes de las mismas.

En tanto a los resultados obtenidos en la primer prueba aplicada siendo esta la Escala de autoestima de Rosenberg se encuentra que la mayoría de los estudiantes poseen una autoestima elevada, es decir, por arriba de 30 puntos, siendo 8 de ellos quienes obtuvieron dicha puntuación o más, dos de los estudiantes cuentan con autoestima media, la cual va de los 26 a los 29 puntos y solo uno de los estudiantes que participaron obtuvo una autoestima baja por debajo de los 25 puntos.

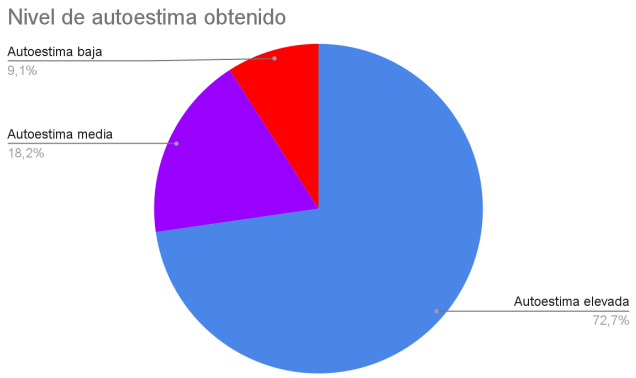


Figura 1. Nivel de autoestima obtenido por los estudiantes participantes en la Escala de autoestima de Rosenberg.

En cuanto a La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), de manera general, se observó que los participantes mantienen niveles promedio e incluso algunos subdominios con alto rendimiento en su realización y, asimismo, destacan las dificultades en las tareas pertenecientes al subdominio de velocidad en la escritura..

Por último, aquello relacionado a las calificaciones obtenidas a lo largo del ciclo escolar que se encuentran cursando los estudiantes participantes se observa que hay distinciones importantes entre algunos de ellos, algunos con altos rendimientos escolares en ambas materias evaluadas y algunos otros con rendimientos medios o incluso bajos en dichas materias.

Discusión y Conclusiones.

Se identifica una primera correlación entre el nivel de autoestima obtenido y un bajo rendimiento dentro del subdominio de precisión en la escritura ($p=<0.052$), esto podría ser debido a la falta de confianza en sí mismos al momento de escuchar las palabras que deben escribir y por la duda que les genera llegasen a cambiar letras o incluso la palabra completa, esto sigue siendo por el momento una primera impresión obtenida a lo largo del trabajo, sin embargo, los resultados aún siguen siendo evaluados y correlacionados.

Asimismo, se encuentra que aquellos quienes presentan una autoestima alta y un rendimiento alto en cuánto a los resultados obtenidos en su ciclo escolar realizan las actividades de la Evaluación Neuropsicológica infantil (ENI) con menores dificultades y obteniendo mayores puntajes en cada subdominio evaluado.

Referencias bibliográficas

Acosta R. y Hernández, J. A. (2004). *La autoestima en la educación.* Límite, vol. 1, núm. 11, pp. 82-95.

Agencia de Calidad de la Educación. (2016). La autoestima académica y la motivación escolar como predictor de la deserción en jóvenes escolares. Santiago de Chile.

Arancibia, V. (2014). *Manual de psicología educacional.* Santiago de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Díaz, V. (2016). *Autoestima y rendimiento escolar.* Psicologos y Logopedas. Recuperado de https://www.psicologosylogopedas.com/2016/03/15/autoestima-y-rendimiento-escolar/

Estrada, G. (2017). *La autoestima.* Asociación Mexicana de Psicoterapia y Educación. Recuperado de https://www.psicoedu.org/la-autoestima/?v=55f82ff37b55

García Correa, A., Calvo Hernández , P. y Marrero Rodríguez, G. (2006). *La autoestima en alumnos de sexto curso de educación primaria.* International Journal of Developmental and Educational Psychology, vol. 1, núm. 1, pp. 199-215.

Jiménez, M. (2000). *Competencia social: intervención preventiva en la escuela.* Departamento de psicología social y de la personalidad, núm. 24, pp. 21-48.

Laguna, N. M. (2017). *La autoestima como factor influyente en el rendimiento académico.* Ibagué, Tolima.: Universidad del Tolima.

Lojano, A. D. (2017). *Cómo influye la autoestima en el rendimiento académico de los estudiantes de tercer año de educación básica de la escuela fiscomisional cuenca en el área de matemáticas, en el periodo de 2015-2016.* Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.

Matute , E., Inozemtseva, O., González Reyes, A. L., y Chamorro, Y. (2014). *La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico.* Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias., vol.14, núm. 1, pp. 68-95.

Sánchez, Y. C. (2019). *Los 8 tipos de Autoestima y sus características.* Lifeder. Recuperado de https://www.lifeder.com/tipos-de-autoestima/#Referencias

Yapura, M. E. (2015). *Estudio sobre la incidencia de la baja autoestima en el rendimiento académico en los primeros años de la escolaridad primaria.* Rosario, Argentina: Universidad abierta interamericana.

La Danza Contemporánea, una herramienta para la Danza Folklórica Mexicana.

Autora: Flor del Carmen Rico Espino. Universidad Autónoma de Querétaro.
Asesores: Dra. Ana Cristina Medellín Gómez y Mtro. José de Jesús Fernández Malváez. Universidad Autónoma de Querétaro.

Resumen

Este trabajo expone el resultado de la investigación en torno a la aplicación de la Danza Contemporánea como herramienta para la preparación integral de las y los ejecutantes de este arte, y así, se logre desarrollar con totalidad el cuerpo de un bailarín (a) de Danza Folklórica Mexicana, permitiéndole, no sólo poseer una técnica de calidad para la ejecución de las danzas y bailes de México, sino también, una preparación amplia para atender las exigencias de las nuevas propuestas coreográficas y de estudiantes que cada vez demandan una sobresaliente preparación para su campo profesional.
La presente, se logró por medio de documentación sobre historia de la danza, danza contemporánea y danza folklórica, así como métodos y técnicas que incluyeron observación directa y participante.
Se pretende contribuir a la preparación integral de las y los ejecutantes de danza folklórica mexicana, así, como validar a la danza contemporánea como un recurso favorable en la práctica del folklor mexicano, eficiente para la propia ejecución e interpretación de los bailes y danzas de México.

Palabras clave: danza folklórica, danza contemporánea, entrenamiento, movimiento y ejecución.

Summary

This work exposes the investigations result about the application of the contemporary dance as a tool for the integral formation of the dancers of this art. Furthermore, it achieves to develop with totality the body of a Mexican Folk dancer, allowing them, to not only own a technical quality for the performing of the dances of Mexico, but also, a high preparation to attend the requirements of the newest choreographic proposals, and students who every time demands an outstanding preparedness for their professional field.

This was achieved through documentation of dance history, contemporary dance, and folkloric dance, as well as methods and techniques that included direct and participant observation.

It is pretended to contribute to the integral preparation of the dancers of Mexican folkloric dance, as well as, proving that the contemporary dance is a beneficial resource in the practice of the Mexican folklore, effective for the performing and interpretation itself of the Mexican Folk dance.

Key words: folkloric dance, contemporary dance, training, movement and performing.

Introducción

En la preparación de las y los ejecutantes de danza folklórica mexicana es de suma importancia practicar la técnica ya sea de pasos o faldeos que requiere el repertorio actual del folklor mexicano, sin embargo, parece que en los entrenamientos se demerita o invalida la necesidad de otras herramientas para mejorar la calidad técnica y la calidad interpretativa del bailarín (a), esta última, es sustancial para el trabajo que se realiza arriba de un escenario puesto que finalmente es a la que el público le llega de primera vista, es así, como utilizar otro estilo de danza u otro medio es importante para una preparación completa de la persona que utiliza su cuerpo como medio para expresar.
Cada uno de los bailes y danzas dentro del repertorio nacional, simboliza y significa algo, por lo que, sin una preparación completa en todos los sentidos

posibles, el bailarín (a) de folklor, pierde esa intención de expresar algo y todo queda reducido a lo técnico.

Es un hecho comprobable que existen estilos y técnicas de la danza que aportan beneficios a los que se dedican a bailar folklor mexicano, actualmente existen instituciones y agrupaciones que llevan años implementando estos recursos a sus estudiantes, lo que les ha permitido a diversos de ellos posicionarse como los grandes del folklor mexicano, validando así la utilización de estilos como la técnica Graham (que es parte de la danza contemporánea) o el *ballet*. Tales agrupaciones por mencionar un ejemplo sería el Ballet Folklórico de la Universidad de Colima, compañía dirigida por el Mtro. Rafael Zamarripa, un grande de la danza folklórica mexicana. En cuanto a instituciones, es posible mencionar que la mayoría de las licenciaturas que existen en el país dedicadas a formarse en la danza folklorica mexicana de manera profesional incluyen en sus planes de estudios a la danza contemporánea, el *jazz*, bailes modernos, ritmos latinos, entre muchos otros estilos para la preparación completa de sus estudiantes.

A pesar de ello, no se encuentran muchos escritos o documentación que avale los aportes que se llegan a presentar en los y las bailarinas que tienen un entrenamiento que va más allá de su especialidad, es por ello la relevancia de la presente investigación, pues mediante ella se tiene por escrito la validación de este estilo de danza que he comentado anteriormente.

Metodología

La investigación fue de tipo cualitativa, basada principalmente en recopilación de información a cerca de los temas que le competen a la misma, tales como danza contemporánea, historia de la educación en México, danza folklórica e historia de la danza.
Las técnicas utilizadas fueron la observación directa y observación participante y como instrumento se utilizó un cuestionario que permitiera la comunicación personal guiada al tema central.

Resultados

Se observó una carencia de documentación sobre Danza Folklórica, tanto del tema que le compete a este trabajo como de los que abarca todo el termino de la palabra, esto produjo una pausa en el trabajo puesto que no había referencia de algunos temas que se querían tocar durante la investigación, sin embargo, existieron algunos trabajos escritos que sí hablaban sobre el vínculo de la danza folklórica con la danza contemporánea, no tan específicos pero eran un buen punto de partida para validar esta última como herramienta.

Conforme avanzó la investigación se encontraron más referencias de donde se obtuvo la mayor parte de la información presentada, lo cual fue de bastante relevancia pues se mostraban en ellas los elementos básicos de la danza contemporánea, ejemplos gráficos y demás, que permitieron hacer un nexo entre ella y lo que se ejecuta en la danza folklórica mexicana, como algunos movimientos en específico y de qué manera se visualiza y se apropia el cuerpo en ese estilo dancístico, lo que posibilitó relacionar ambas manifestaciones dancísticas y así, contribuir a la preparación integral de las y los bailarines de folklor.

Se comprobó nuevamente que entrenar en danza contemporánea, siendo bailarín o bailarina de danza folklorica, otorga un espacio al ejecutante que le permita no solo tener una calidad técnica superior, sino también una calidad interpretativa que va más allá de solo saber que representa lo que está presentando en un escenario; la danza contemporánea le facilita al ejecutante no estacionarse, no estancarse en su interpretación y técnica, lo hace trabajar un extra para alcanzar otros objetivos corporales que en un entrenamiento sin otra herramienta dancística sería casi inexistente esa posibilidad; descubre en sí mismo que puede generar movimientos más amplios, fuertes, determinados y que expresen algo, que va hacia una auténtica expresión de los movimientos del folklor.

A partir de los resultados de la investigación se demostró que existe un vínculo valioso entre la danza contemporánea y la danza folklórica mexicana.
Los resultados poseen relación con lo que sostienen Chircovskii & Selfa

> Todas las técnicas de danza pretenden cambiar nuestro cuerpo, hacerlo más fuerte, ágil, bello y dinámico. Las clases diarias, el esfuerzo, el trabajo técnico durante años cambia nuestro físico, mejora nuestra coordinación y nuestra potencia muscular. Estamos afinando nuestro cuerpo como un instrumento musical para hacerle hablar (2007, pág. 25).

Entrenar desde la danza contemporánea aporta al bailarín (a) de folklor un espacio donde sientan libertad a través de su cuerpo y sus movimientos que muchas veces no se hace presente en un entrenamiento de la danza folklorica mexicana; En su trabajo escénico le proporciona especial habilidad, destreza, seguridad, conciencia técnica e interpretativa, así como limpieza en su técnica de pasos al saber de donde surge el movimiento inicial de lo que está próximo a ejecutar.

Desde sus inicios y a través del tiempo, la danza se ha definido de varias maneras, Mora (2010) menciona en su ponencia titulada "Movimiento, cuerpo y cultura: perspectiva socio-antropológica sobre el cuerpo en la danza" menciona a Drid Williams quien define la danza de la siguiente manera:

> Bailar es esencialmente la terminación, a través de la acción, de un cierto tipo de transformación simbólica de la experiencia (…) 'una danza' es un fenómeno que se aprehende visualmente, se siente quinestésicamente, se ordena rítmicamente y se organiza espacialmente, que existe en tres dimensiones del espacio y al menos una del tiempo (…) (pág. 10).

Es decir, la danza, se manifiesta en un espacio y tiempo determinados y es una acción que se experimenta a partir del cuerpo propio y al estar en contacto con el cuerpo de los demás; tiene por objetivo, expresar algo, y es bien sabido que desde tiempos remotos se hacia referencia a ella, por ejemplo, se hacia presente en las pinturas rupestres de hace millones de años, lo que rinde cuenta de que la danza estaba relacionada a lo simbólico y lo ritual, lo que en ese entonces se vivía y experimentaba, por lo que se cree que la danza pudo haber formado parte de la vida cotidiana de los primeros humanos; sin embargo, no fue hasta la tercera década del siglo XX que se empezaron a desarrollar y difundir mediante la enseñanza, teorías de composición dancística, según lo menciona Doris Humprey (1960); menciona también que desde el Renacimiento se le comenzó a dar forma a las tradiciones dancísticas, especialmente hablando de las técnicas, por lo que posteriormente, da pie a que se desarrollen los centros de la danza (y música) en Italia y Francia. De esa manera, surgieron las escuelas italianas y francesas del *Ballet*, específicamente con el *Ballet Comique de la Reine* en la corte de Catherine de Médici, en donde se marca el comienzo de la danza clásica y que de allí hacia años posteriores se expanda por el mundo, estableciéndose como lo que hoy en día se conoce como Danza Clásica, con sus movimientos y posiciones estrictas de dicha escuela.

Derivado de la danza clásica y sus intérpretes, surgieron figuras que dieron pie a la danza moderna o contemporánea como una oposición o una revolución ante dichas posiciones y movimientos precisos del *ballet*; fue desarrollada durante el siglo XIX en América y Europa; los orígenes del movimiento datan de finales del siglo XIX, cuando bailarinas como las estadounidenses Loie Fuller, Isadora Duncan, Ruth Saint Denis, Martha Graham, Doris Humphrey y la alemana Mary Wingman sintieron demasiadas restricciones en el *ballet* para expresarse. Por ello, es importante notar como los tiempos cambian y así mismo lo hace la danza; no se queda estática, siempre esta buscando algo más y las personas que dedican su vida a ella también. Si bien la danza folklórica busca expresar por medio de sus bailes y danzas historias sobre los pueblos de México, los ejecutantes no deben quedarse con realizar un buen paso y movimiento que solo se encapsula en ello y que a la larga se nota mecánico, si no, que a través

del tiempo han y deben buscar interpretar y hacerse dueños de la historia que cuentan y comprender que deben prepararse para las exigencias profesionales que aguardan para aquellas y aquellos que buscan ser ejecutantes en una compañía profesional de danza folklórica mexicana.

Discusión y conclusiones

México, ha pasado por periodos históricos que han demeritado las costumbres y tradiciones del país, sin embargo, existieron otros en donde se enaltecieron y por ello, ahora son reconocidas a nivel nacional e internacional. En 1910, Porfirio Díaz estaba a cargo de la nación y en su periodo de mandato promovió el apoyo a la educación artística, además, de que la influencia extranjera tuvo un esplendor en México; en este periodo se fundaron las primeras instituciones culturales como la Dirección General de Bellas Artes en 1915 y se añadió a la educación escolarizada la materia de danzas y bailes regionales para darle identidad al pueblo mexicano, esto, para que cada mexicano y mexicana se sintiera reamente parte de la nación. Posteriormente se creó la Escuela de Danza del Departamento de Bellas Artes en 1932 y en 1937 se creó la Escuela Nacional de Danza que quedo en manos de Nellie Campobello, donde se buscaba impartir la enseñanza profesional dancística.

Diversas cuestiones originaron la nueva danza en México, llegaron al país destacadas bailarinas en 1939 como Waldeen y Anna Sokolow, ambas norteamericanas y que trasmitieron a sus bailarines y bailarinas el espíritu de la danza moderna, dando pie a formar la primer compañía oficial de danza moderna, acompañadas por bailarinas como Guillermina Bravo, Lourdes Campos, Amalia Hernández y Josefina Lavalle; ellas fueron la primera generación de bailarines de danza moderna en México y crearon una danza renovadora y nacionalista bajo un concepto totalmente diferente del b*allet*, fue un lenguaje que hablo por México y las situaciones que acontecían en el país, lo que conllevo en años posteriores a que diversas agrupaciones vincularan la danza moderna, el *ballet* y la danza folklórica mexicana, por mencionar un ejemplo que hasta la fecha sigue siendo una compañía de gran renombre por su creaciones, ha sido el Ballet de México de Amalia Hernández.

Hubo muchos artistas que contribuyeron a la transición de esa danza nacionalista a la danza contemporánea, tales como Guillermina Bravo -a quien se le atribuye esencialmente la transición- y José Limón que también complemento esa nueva danza después de sus estudios con Doris Humphrey y Charles Weidman.
Con lo anterior, es posible argumentar que hay que trabajar sin perder el sentido de desarrollar todas las posibilidades motrices del cuerpo con el objetivo de adquirir una amplia técnica, una gran movilidad de las articulaciones, fuerza, dinamismo y coordinación que permita al estudiante, maestro y/o ejecutante a dominar y conocer realmente su cuerpo. Existen actualmente infinitas técnicas de la danza contemporánea que a lo largo del tiempo se han perfeccionado por estudiantes y seguidores de los grandes maestros de la danza contemporánea, algunos ya mencionados antes como Martha Graham, José Limón, entre otras y otros, por ello, es importante hablar de algunas técnicas pues estas tienen aportes específicos a la danza folklórica y que a modo de resumen y por cuestiones de espacio se señalarán a continuación:

- Técnica Graham: se apoya de la idea de que "en la expresión nace la forma", Graham basó su trabajo en los principios de contracción y relajación, tiene todo un lenguaje codificado para expresar el abanico de las emociones humanas. El torso y la respiración son los principales motores del movimiento y de la expresión, apoyándose en la respiración como punto de partida de las contracciones. Los elementos básicos dichos anteriormente de esta técnica se encuentran en diversos movimientos del repertorio de danzas y bailes de México, pues debe haber un gran control del torso en ciertos movimientos que así lo demandan, sin embargo, al no haber dicha calidad del manejo del torso o la respiración los movimientos se vuelven inhábiles. Como ejemplo de algún repertorio en el que se necesite lo antes expuesto, se pueden mencionar la Danza de

Concheros o las Danzas Aztecas, que entre sus varias características destaca la fuerza del torso y el dominio de saltos que emergen desde el centro del cuerpo, lo que permite que exista un impulso determinado y poder sostener en el aire.



Figura 1. A la izquierda Danza de Concheros interpretado por Grupo Aztlán del municipio de Querétaro. A la derecha una muestra de Técnica Graham de estudiantes del Centro Nacional de Danza Contemporánea del estado de Querétaro.

- Técnica Humphrey: su creadora, Doris Humphrey creía que de la forma debía surgir la expresión; de Frederic Nietzsche tomó la idea de que el hombre desea alcanzar el arte puro. Basada en la dicotomía entre el equilibrio y su pérdida construyó su técnica de recuperación y caída. Para llevar acabo esta técnica es importante la postura y colocación de cada parte del cuerpo; se basa en el estudio del tono muscular para contener y liberar el peso según se necesite en el movimiento; se apoya en la construcción de empujes que facilitan recuperar el peso en función de salidas en espirales o cualquier otro movimiento por el espacio que fluye desde los huesos, articulaciones, músculos y cada parte del cuerpo. Busca como objetivo proyectar una intensión, así como tener un motor y calidad en la ejecución del movimiento. Por mencionar un ejemplo, se hace referencia a una de las creaciones dancísticas más conocidas en la actualidad y a través del tiempo desde su primera aparición en el mundo folklórico, se habla del solista de "La Morena" que presenta el Ballet Folklórico de México de Amalia Hernández como parte de su repertorio del estado de Veracruz; en él, se hace muestra de este trabajo de un motor y calidad de ejecución del movimiento que al final conlleva una intensión en cada uno de los faldeos. También podemos vincular esta técnica con los faldeos y movimientos presentes en los bailes del occidente característicos por sus faldeos a nivel alto como en Jalisco o Nayarit.



Figura 2. De lado izquierdo se observa el solista de "La Morena" del BFM de Amalia Hernández y de lado derecho una muestra de Técnica Humphrey de una clase del maestro Matías Etcheverry de Buenos Aires, Argentina.

- Técnica Limón: José Limón fue estudiante de Doris Humphrey, por lo que tenía su escuela, sin embargo, redirigió su idea de caída y recuperación hacia el reconocer y controlar el peso de cada parte del cuerpo haciendo un trabajo aislado de las mismas; lo que resultó como un movimiento fluido y que en ocasiones se vuelve "flotante", donde la zona que adquiere más peso o más caída moviliza al resto del cuerpo, creando movimientos amplios y suspendidos o pesados y pendulantes. Las manos y la cara cobran gran importancia al expresar. Para esta técnica se podría aludir a los bailes de Campeche como los de Sarao, que son aquellos bailes y esa música de gran influencia española en donde se hace uso de movimientos con las manos que hacen referencia al flamenco de origen español.

Existe un amplio abanico de técnicas de la danza contemporánea con las cuales es posible vincular a la danza folklórica mexicana y mencionar el aporte de cada una de ellas e incluso se podría investigar las nuevas técnicas del contemporáneo que han surgido año atrás año gracias a la evolución y las nuevas necesidades que exige el mundo actual de la danza; por lo mismo, desde hace muchos años, en la

búsqueda de la enseñanza de la danza a un nivel profesional, las instituciones dedicadas a la danza han buscado incorporar en sus programas de estudio diversas técnicas y estilos dancísticos, tales como el jazz, la danza contemporánea, el *ballet*, ritmos latinos, entre otros, que benefician a la preparación integral de sus estudiantes. Es importante mencionar que fue en 1995 que se estableció la carrera de Profesional en Educación Dancística de nivel medio superior, la cual fue transformada a licenciatura en el 2006. La apertura de dicha licenciatura trajo consigo planes de estudio cuyo propósito era la formación de bailarines dueños de la mejor y más amplia técnica de baile, que les permitiera desempeñarse (además de bailarines) como docentes, coreógrafos y escenógrafos.

Como fue mencionado en párrafos anteriores Nellie Campobello ya desempeñaba un papel importante en el ámbito dancístico del país, la cual, junto a su hermana Gloria Campobello y otros destacados bailarines fueron las y los primeros en desempeñarse en las posibilidades creativas de la danza en México. En años posteriores, llegaron diversas personalidades de la danza a México, como Hipólito Zybin que decidió quedarse en México y dio origen a la Escuela de Plástica Dinámica, en donde propuso que se estudiara tanto *ballet* como danza moderna puesto que desde su perspectiva, les hacia falta a las y los bailarines ambas técnicas para que no tuvieran flacidez en las piernas, debilidad en la espalda y falta de equilibrio, lo cual se podía trabajar desde la práctica de dichos estilos para educar el cuerpo para su máxima expresión.

Además de los personajes antes mencionados, actualmente existen nombres y agrupaciones destacadas específicamente en la academización de la danza folklórica mexicana, esto, debido a que sus propuestas dancísticas-escénicas han acaparado la mirada a nivel nacional e internacional al folklor de México y han dado pie a excepcionales creaciones de danza folklórica mexicana con sus propuestas e innovaciones que posicionaron como un parte aguas en el folklor de México; Nellie y Gloria Campobello, mencionadas con anterioridad, fueron dos grandes maestras y bailarinas de la danza mexicana. Fundaron el Ballet de la Ciudad de México y en honor por su ardua labor por y para la danza, le dan sus nombres a la primera institución de danza, actualmente nombrada Escuela de Danza, Nellie y Gloria Campobello. Entre sus propuestas dancísticas se encuentran “Cartuchos” que muestra relatos de las luchas en el norte del país donde se muestra la fuerza e importancia de las mujeres mexicanas en la lucha armada.

Amalia Hernández, que es indiscutiblemente otro nombre reconocido en el ámbito de la danza folklórica mexicana, dejó un legado que aún en la actualidad se conoce; su máxima creación fue el Ballet Folklórico de México. Su compañía fue desde sus inicios un parteaguas en el mundo del folklor, puesto que fue la primera compañía que se mantenía con sus propios ingresos y, además, sus propuestas escénicas que han dado pie tanto a ovaciones, como polémicas que demeritan el valor artístico de la compañía al modificar los bailes y danzas del repertorio nacional a un espectáculo que envuelve la técnica del *ballet* y la danza contemporánea con el folklor de México. A pesar de las críticas, el BFM ha logrado posicionarse en la escena internacional de la danza; la maestra Amalia Hernández siempre implementó en sus bailarines y bailarinas un riguroso entrenamiento físico, no sólo en la danza tradicional, sino también, en la danza moderna y la clásica, lo que daba como resultado que tuvieran gran fuerza, dinámica, expresividad, entre otros elementos que se trabajaban diariamente.

El maestro Rafael Zamarripa es uno de los grandes del folklor actualmente, pues como pintor, escultor, director, bailarín, coreógrafo, escenógrafo y diseñador de vestuarios ha posicionado su agrupación, el Ballet Folklórico de la Universidad de Colima en uno de los más importantes del país por sus creaciones dancísticas. Sus propuestas, basadas en la teatralidad, en un principio fueron censuradas debido a ello, pero con el paso del tiempo fueron aceptadas sus innovaciones, siendo así, un parteaguas en las propuestas de danza actuales. Al entrenar a sus bailarines y bailarinas en otros tipos de danza (como la clásica y contemporánea) le permite al público gozar de la gran calidad técnica e interpretativa que dominan los ejecutantes que el mismo dirige. Es el

creador de la Técnica RaZa, una técnica formativa y de entrenamiento físico que diseñó en apoyo para la danza tradicional mexicana, donde fusionó principios de la danza tradicional con movimientos de otros géneros como el jazz, el contemporáneo y el *ballet*. La creación de dicha técnica fue inspirada por la compañía *Alvin Ailey*, la cual lo inspiró a no seguir estacionado y así crear una técnica que permitiera actuar "como de la gana"; en ella se ejecutan conjuntos de pisadas básicas del folklor junto con movimientos de brazos, espirales, medias cruces, y más ejercicios que vinculan elementos básicos del contemporáneo o *ballet* con el folklor, lo que posibilita al ejecutante de ser verdaderamente dueño de su cuerpo y el control de este.

Dicha técnica y todas las anteriores mencionadas han sido implementadas en diversas instituciones de la danza, actualmente existen un aproximado de veinte programas de estudio a nivel licenciatura que ofrecen estudios profesionales de la danza a lo largo y ancho del país, por lo que en sus planes de estudio ya promueven otras técnicas y estilos de la danza que resultan útiles al bailarín y bailarina en su campo profesional.

En relación con lo antes expuesto, se puede confirmar la validez de la danza contemporánea como herramienta para la práctica de la danza folklórica mexicana, la cual, se comprueba que aporta beneficios a la formación integral de un o una bailarina; de igual manera, se logró el objetivo de la pertenencia de la investigación de contribuir a que se le prepare de una manera completa a las y los ejecutantes de folklor a través de la práctica de la danza contemporánea.
En el mismo sentido, esta herramienta ha sido incorporada a una basta cantidad de escuelas e instituciones de educación superior, con la que ayudan a sus estudiantes a mejorar su técnica e interpretación por medio de la danza contemporánea y sus técnicas. Sin duda, les otorga un espacio libre en su entrenamiento, ya sea que sigan la línea terminal de docente, investigador o ejecutante, pues la realidad es que sea cual sea lo que elijan seguir, es importante, siempre, "ponerse en los zapatos de", es decir, observar una danza y luego tratar de llevar lo que se vió o experimentó en un tiempo y espacio, se debe concientizar para luego llevarlo fuera de su lugar de origen, de esa manera se podrá expresar una mejor intención del movimiento durante el entrenamiento y luego en un escenario.

La danza contemporánea no sólo logra una calidad de interpretación alta, sino que también, permite trabajar completamente cada aspecto de la técnica que es necesaria para el repertorio nacional de danzas y bailes; elimina la percepción e impresión que suele dar el folklor mexicano, que es una sonrisa robótica e inexpresiva, así, como un cuerpo sin energía y de movimientos indeterminados; si bien, existen danzas y bailes donde hay un movimiento nulo de trabajos de torso o pisadas muy básicas, sin embargo, tienen un gran simbolismo que busca ser representado; es convertirse de bailarín (a) al bailador o bailadora que ejecuta la danza en su origen.

No hay manera de dejar a la danza folklórica mexicana detenida, en pausa, siempre está evolucionando y trascendiendo de acuerdo con lo que la sociedad en cierto espacio y tiempo necesita, por ello hay que estar siempre, lo mejor preparado posible. La actualidad lo exige y si se quiere seguir alentando a las personas a que se involucren con el extenso folklor de México, es necesario llamar su atención desde lo que pasa en un ensayo de dicha disciplina; la danza folklórica pone a disposición del ejecutante un amplio abanico de posibilidades corporales, por lo que se necesita preparar el cuerpo igual de fuerte que en otros tipos de danza. Hay que recordar que, como estudiante, se prepara un individuo que además de ser bailarín o bailarina, es también un intérprete y como docente, tener en mente, que se está capacitando a una persona con sentimientos que se pueden entrenar para una máxima calidad interpretativa y técnica, en la cual además de ayudarle a aprender los tecnicismos, es importante sumar a su autonomía, personalidad, buena interpretación y sensibilidad.

Cada pequeña oportunidad que se tenga como ejecutante para experimentar con el cuerpo es fundamental y también, es así, el hacer su mejor esfuerzo en un entrenamiento y en el escenario. El cuerpo tiene memoria, aquello que haya vivido y

logrado corporalmente, así sea hace tiempo, siempre va a recordar las sensaciones que le otorgó aquella experiencia.

Referencias

1. -. (20 de abril de 2020). Documental. Amalia Hernández, el espectáculo de la danza. Recuperado el 10 de abril de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=vi0NhafXrbw
2. -. (2018). Domus, Técnica Humphrey. Recuperado de http://domusdanza.com.ar/humphrey/
3. Baril, J. (1987). *La Danza Moderna.* Paidos iberica. Obtenido de https://www.danzaballet.com/la-danza-moderna-de-jacques-baril/
4. Castañer Balcells, M. (2001). *El potencial creativo de la danza y la expresión corporal.* Santiago de Compostela: Creacción Integral, S.L. Obtenido de http://educreate.iacat.com/Biblioteca/Educreate.%20Marta%20Casta%C3%B1er%20Balcells.%20El%20potencial%20creativo.pdf?cPath=2_19&products_id=60
5. Centro Nacional Danza Contemporánea. (28 de julio de 2018). Recuperado el 21 de octubre de 2021, de https://www.facebook.com/CentroNacionaldeDanzaContemporanea/photos/clase-de-t%C3%A9cnica-graham-curso-internacional-de-verano-2018-bailandoencenadac-cen/2255556031341030/
6. Chircovskii, B., & Vicente Selfa, N. (2007). *Danza contemporánea: técnica y creatividad.* Taller digital de la Universidad de Alicante. Obtenido de http://www.cervantesvirtual.com/obra/danza-contemporanea-tecnica-y-creatividad--0/
7. Contreras, A. (2021). Arte y Cultura, Historias destacadas, Teatro. Recuperado de https://www.bitacoracdmx.com/?p=40551
8. Dallal, A. (2007). *Los elementos de la danza* (primera ed.). México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el junio de 2021
9. Dallal, A. (2013). La danza moderna en México. *Las Artes en México*(1). Obtenido de http://www.materialdelectura.unam.mx/images/stories/pdf4/artes-1-dallal-danza.pdf
10. Edgar NO. (13 de diciembre de 2008). *Rafael Zamarripa Castañeda*. Recuperado el 3 de junio de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=9XUDrCDck1s
11. Espacio México Canarias. (25 de marzo de 2020). *El vínculo de la técnica raza y la danza tradicional mexicana. Zoraida Cruz Andrade*. Recuperado el 3 de junio de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=FxCkNuBp4ow
12. Grupo Aztlán. (2 de agosto de 2019). Recuperado el 21 de octubre del 2021, de https://www.facebook.com/1050363524988338/photos/pb.100063766651325.-2207520000../270813254254475 3/?type=3
13. Humphrey, D. (1960). *El arte de hacer danzas.* (A. M. Mendizábal Lara, Trad.) Teoría y Práctica del Arte.
14. Mora, A. S. (2010). Movimiento, cuerpo y cultura: Perspectivas Socio-antropológicas sobre el cuerpo en la danza. *VI Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata.* La Plata, Argentina. Obtenido de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventoslev.5678/ev.5678.p
15. Ramos Villalobos, R. G. (2009). *Una mirada a la formación dancística mexicana. (CA. 1919-1945).* México: Cenidi Danza/FONCA/INBA/CONACULTA.
16. Solana, F., Cardiel Reyes, R., & Bolaños Martínez, R. (2001). *Historia de la Educación Pública en México (1876-1976)* (Segunda ed.). México: Fondo de Cultura Económica. Recuperado el Enero de 2021
17. Tortajada Quiroz, M. (2002). Amalia Hernández: audacia y fuerza creativa. *Tiempo cariátide*. Obtenido de http://www.uam.mx/difusion/revista/feb2002/tortajada.pdf

Dilemas éticos en la regulación de la Inteligencia Artificial

Rodríguez-Reséndiz H[1] y Romero-Zepeda H[2]

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro; Maestrante en Ética aplicada y Bioética, Facultad de Derecho, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, México. ORCID. hugorore@uaq.edu.mx.
[2]Facultad de Ingeniería, Maestría en Ética aplicada y Bioética, Facultad de Derecho; Universidad Autónoma de Querétaro, Head at the International Bioethics Chair, WMA, Haifa-México; PI Caribbean Research Ethics Education Initiative CREEI. Santiago de Querétaro, México. ORCID. phd.hromero@gmail.com.

Resumen

Recientemente se ha socializado el tema de la Inteligencia Artificial (IA), sobre todo porque existe la sospecha de que este tipo de tecnología tiene un uso poco responsable y, con ello, los seres humanos seamos afectados en diversos horizontes como la dignidad, libertad o autonomía, o su probable extinción de la especie. El conocimiento de proyectos de IA que contienen sesgos, demuestran que es necesaria la ética como intersección para el planteamiento de esta tecnología. La preocupación internacional de gobiernos e iniciativa privada para la regulación de la IA desde el terreno ético, se ha convertido en uno de los principales ejercicios de diálogo en la actualidad. No obstante, en el camino de esta regulación, surgen desafíos para encontrar acuerdos que favorezcan a diversos intereses de dicha tecnología (empresas, gobierno, programadores, academia o usuarios). Para lograr un abordaje adecuado en la construcción de un marco regulatorio de la IA, se propone un análisis de las principales posturas internacionales en torno del tema y, de esta forma, generar canales de comunicación adecuados al servicio de los sujetos que dialogan sobre el uso responsable de Inteligencia Artificial, y que se revelen los valores éticos más destacados a nivel global en dicha tecnología.

Palabras clave

Ética, Inteligencia Artificial, Moral computacional, Responsabilidad digital

Abstract

Recently, the subject of Artificial Intelligence (AI) has been socialized, especially because there is a suspicion that this type of technology has a not very responsible use and, with it, human beings are affected in different horizons such as dignity, freedom or autonomy, or its probable extinction of the species. The knowledge of AI projects that contain biases shows that ethics is necessary as an intersection for the approach of this technology. The international concern of governments and private initiatives for the regulation of AI from the ethical field, has become one of the main dialogue exercises today. However, in the path of this regulation, challenges arise to find agreements that favor various interests of said technology (companies, government, programmers, academia or users). To achieve an adequate approach in the construction of a regulatory framework for AI, an analysis of the main international positions on the subject is proposed and, in this way, generate adequate communication channels at the service of the subjects who dialogue about the user responsible for Artificial Intelligence, and that the most outstanding ethical values globally in said technology are revealed.

Keywords

Ethics, Artificial Intelligence, Computational Morality, Digital Responsibility

Introducción

Dentro de las distinciones del humano de otras especies animales se encuentra su capacidad de crear y desarrollar herramientas que le permitan vivir y generar bienestar a él mismo y a sus semejantes. La tecnología se desprende de la ciencia, misma que se ha ocupado de dar un lugar privilegiado a los seres humanos entre la demás naturaleza. Francis Bacon ya anticipaba el uso de dicha racionalidad transformada en técnica para poder dar un salto al dominio del entorno (Bacon, 2006). Este control por parte del ser humano ha producido mecanismos e instrumentos que lo hacen todavía más creerse el centro de la naturaleza.

En ese sentido, la Inteligencia Artificial es una tecnología que se enmarca en la ciencia en el campo semántico de la digitalización, pues ella es el conjunto de procesos computarizados que persiguen imitar funciones cognitivas del humano para poder incidir en la realidad (Laird, 2017). Esta es la principal razón por la cual se ha considerado esta tecnología como una *mímesis tecnocefálica* (Rodríguez-Reséndiz, 2020), toda vez que hay una persecución de acumulación de conocimientos del funcionamiento cerebral del ser humano (donde tradicionalmente se ha alojado a la inteligencia), y que han sido trasladados al mundo de la informática por medio de algoritmos, lo cual significa que la IA procura imitar funciones cognitivas del ser humano con la metodología de abstraer el mundo físico para establecer un proceso metafísico y resolver una problemática concreta.

Recientemente se ha puesto de moda el concepto de algoritmo como una situación que es capaz de generar grandes peligros y beneficios para la humanidad. Incluso se puede constatar que hay una confusión entre algoritmos e Inteligencia Artificial ya que en ocasiones se toman como sinónimos, sin transparentar que los primeros son la metodología para que se genere lo segundo (Hill, 2016). En efecto los algoritmos y la inteligencia han existido antes que cualquier sistema electrónico, porque de hecho un algoritmo es una serie de procesos para poder concluir un problema, en tanto que la inteligencia está asociada a la construcción lógica para abordar una situación. Entonces, el cuerpo humano cuenta por naturaleza con algoritmos para poder subsistir, como lo es el proceso de respiración, digestión o percepción del mundo, por lo que se puede distinguir entre la inteligencia y propiamente un algoritmo.

Cuando se habla de algoritmos en el terreno de la IA, es adecuado definirlos como una serie de reglas que ayudan a resolver problemas concretos por medio del procesamiento de datos en un ordenador invitando la función humana de la inteligencia (Turner, 2013). Entonces, más allá de la ciencia ficción presentada por Hollywood y de la heurística del temor anunciada por medios de comunicación y autores, la Inteligencia Artificial por ahora está limitada a la focalización de actividades específicas y no al dominio o destrucción de la humanidad. Lo que también es una realidad, es que dicha tecnología se hace cada día más presente en la vida cotidiana del ser humano, argumento que no es novedoso porque ya desde hace varias épocas la ciencia ha posibilitado un entorno de instrumentos no naturales que ayudan o colaboran con el ser humano. Actualmente según un estudio de Fortune Business Insights™ (2020), para el año 2026, el mercado de la IA alcanzará los 23,426.3 millones de dólares a nivel global, lo cual no es asunto de menoscabo porque se calcula que existen 347 millones de teléfonos celulares en el mundo (Canalys, 2021), los cuales usan algún tipo de Inteligencia Artificial.

Ejemplo de lo anterior, se constata en el sector salud en donde existen programas computacionales que ayudan a detectar enfermedades de manera muy precisa incluso superando al humano mismo (McKinney y col., 2020). De igual manera, ya están puestos en marcha diversos softwares que ayudan con el control del tráfico humano en ciudades (Bustos y col., 2021). En el terreno militar existe la preocupación creciente de obtener una ventaja tecnológica basada en IA para establecer batallas (Human Rights Watch, 2020). Existen también plataformas o aplicaciones que ayudan a los

humanos para desplazarse de un lugar a otro de manera más eficiente, como también hay desarrollos de Inteligencia Artificial que organizan la vida de los usuarios desde la alimentación, el pernoctar, la inversión económica, orientación de vivienda y hasta la planeación de un embarazo.

Así pues, adicional a los beneficios pragmáticos subyacente también algunos desafíos como el de la privacidad, la toma de decisiones o la autonomía del humano frente a los sistemas computacionales. Todas estas cuestiones tienen por transversalidad el tema de la ética, razón por la cual se ha fomentado un diálogo para poder generar bases regulatorias y tener una Inteligencia Artificial responsable.

La interpelación que ha tenido el ser humano respecto de la Inteligencia Artificial en el mundo cotidiano ha provocado que más que una novedad existe una dependencia de esta mimesis tecnocefálica en la vida diaria derivada del creciente uso en diferentes entornos. Esta situación ha transparentado una serie de conflictos que antes ya existían pero que ahora se migran al ámbito computacional. En efecto la aparición de los sesgos al momento de utilizar la IA es ya un asunto que preocupa a diversos sectores de la sociedad, especialmente a los comprometidos con los Derechos humanos.

El sesgo es considerado como los problemas relacionados con la recopilación o el procesamiento de datos que podrían resultar en decisiones prejuiciosas (Ntoutsi y col., 2020). Así pues, sesgo es la poca capacidad de generar una contemplación de panorama amplio, esto es, no considerar todas las posibles variantes al momento de generar un proceso dentro de la tecnología referida y que, en el caso de la ética, vulnera principalmente la dignidad humana pero, de forma novedosa, crea dilemas que son plausibles de abordar para generar una mayor comprensión de las dificultades al momento de deliberar en la interpelación de la tecnología cuando ella sea propia de la humanidad.

Google Vision® es un software que utiliza IA que realiza un análisis de imágenes a través de aprendizaje automatizado para clasificar los archivos en categorías determinadas. En abril de 2020, Nicolas Kayser-Bril mostró que dicha Inteligencia Artificial al procesar dos imágenes de una mano sosteniendo un termómetro, en donde la única diferencia era el color de piel, el programa reconocía como una pistola al termómetro en la imagen en la cual estaba el color de piel de un afroamericano, mientras que determinaba que era un aparato para detectar la temperatura en la imagen de la mano de color blanco (Kayser-Bril, 2020). Más allá de las conclusiones inmediatas de esta revelación, hay que decir que el software ya está siendo utilizado no sólo por particulares sino por empresas y gobiernos para fines de control de la información, lo que puede suponer que si este sesgo del termómetro es sólo un indicio de la existencia de otros más en el terreno real pero que aún no se transparentan. A decir verdad, el algoritmo no es por sí mismo discriminatorio, sino que migró los prejuicios raciales que existen en la sociedad, especialmente el de los programadores que desarrollaron dicha aplicación. Entonces, el abordaje ético se considera necesario porque de hecho la tecnología va develando lo que los seres humanos venimos cargando desde la normalidad y que se reproduce en una codificación, a veces binaria.

A raíz del confinamiento generado por el COVID-19, en agosto del 2021 se dio a conocer que la empresa Xsolla instaurada en el negocio de los videojuegos, despidió a 150 de sus empleados derivado de un análisis realizado por una Inteligencia Artificial en el desempeño del trabajo de sus colaboradores (Yuzbekova & Tairov, 2021). Según se puede leer en el comunicado que se les hizo llegar a las personas desafortunadas que perdieron su empleo, la decisión fue tomada por medio de algoritmos en el monitoreo correos electrónicos, conversaciones, documentos, así como otro tipo de actividad y la tecnología etiquetó como “empleado poco comprometido e improductivo”, lo cual representó su separación de la compañía. A primera vista surge el dilema de los límites de la supervisión del empleador hacia sus empleados en contraste con la privacidad, toda vez

que, si bien es cierto que se monitorean datos generados en horas del trabajo y tareas propias de él mismo, ¿Cuál es la frontera entre lo que es propio de la intimidad del empleado, aunque trastoque sus funciones dentro de la empresa? ¿Hasta qué punto la compañía puede meterse a la actividad personal de sus colaboradores independientemente si éstos o no están en su hora de trabajo? Por su lado, ¿qué cosas se deben alinear a lo no productivo? ¿Qué caracteres o datos son significativos para valorar un bajo desempeño laboral? ¿Bajo qué parámetros se etiqueta lo productivo de lo no productivo?

En el mes de agosto del año 2021, la empresa Apple anunció la creación de una Inteligencia Artificial que ayuda a limitar la propagación del material de abuso sexual infantil (pornografía) (Apple, 2021), por medio de la examinación de imágenes y videos que se pueden llegar a reproducir en los dispositivos de la misma marca. De forma consensuada, se puede asentir al Artículo 34 de la Convención sobre los Derechos del Niño (Unicef, 2006), y del Artículo 1 del Protocolo Facultativo de la Convención sobre los Derechos del Niño (Unicef, 2001), en donde se pondera como bien mayor la dignidad del menor, superando la privacidad que podría llegar a tener el usuario de un sistema operativo, lo cual apela a la ética de mínimos de Adela Cortina (2002), pero queda la pregunta ¿Si hay interrupción de la privacidad por medio de la IA para un bien ético universal, es posible el mismo asecho digital para infringir la intimidad de cualquier persona con el afán de salvaguardar la soberanía nacional, detección de fraudes, combate a enfermedades, lucha contra el terrorismo o cualquier otra cosa consensuada? ¿Quién puede frenar a un gobierno, por ejemplo, que busca oprimir minorías o dar dirección a las opiniones de sus ciudadanos usando IA, en el marco de una dictadura digital?

Sumado a lo anterior, es posible examinar nuevos escenarios éticos derivado de la IA que se postulan ahora mismo y de los nuevos que vendrán, como es el caso de la patente US010853717 de Microsoft© (2020) que tiene por objetivo crear un chatbot que pueda comportarse como una persona por medio de la estela digital que va dejando una persona en concreto: video, mensajes, correos electrónicos, fotos y toda clase de información de dominio público encontrada en internet. ¿Hasta qué punto se puede usar la información dejada en la red -consentida o no- para imitar a una persona de forma digital? ¿Qué repercusiones éticas tendrá esta tecnología si se usa para recrear digitalmente a personas fallecidas para generar una cercanía con sus seres queridos aún vivos? ¿Cuáles serán las consecuencias legales cuando se use esta tecnología (y otras más) para generar una imagen “verdadera” ante los demás como lo es el caso del deepfake?

Por estas razones, la presente investigación tiene como objetivo suscitar una reflexión ética, filosófica y científica sobre el papel de desarrolladores y usuarios de IA a partir de la autonomía del ser humano por medio del análisis de pautas éticas como herramienta para contribuir al diálogo regulatorio. Derivado de dicha consideración, se podrá obtener los valores éticos mínimos tras la homologación de diversas pautas internacionales propuestas por diferentes actores en el tema. Como objetivos particulares, la presente investigación tiene como propósito el profundizar en los conceptos de autonomía y tecnología (instrumentada y no instrumentada); analizar las correlaciones éticas entre IA y la irrupción de la autonomía en el ser humano.
Examinar y comparar las propuestas regulatorias éticas a nivel mundial sobre IA; e, intervenir en el diálogo para construcción de un marco ético regional de la IA.

Metodología

Para llevar a cabo el presente proyecto, se realiza un enfoque mixto de investigación de tal forma que puede examinarse conceptos divergentes para adaptar necesidades, contextos y recursos que han permitido una sistematización conceptual y empírica para la obtención y análisis de datos cuantitativos y cualitativos para una mejor compresión de la ética en la IA.

De esta forma, tras haber realizado la planeación y validación institucional del presente proyecto de investigación, se ha revisado el estado del arte correspondiente y el planteamiento del problema. Esto ha permitido focalizar grupos de interés que discuten el mercado regulatorio ético de la Inteligencia Artificial a nivel global. A continuación, nos hemos incorporado al diálogo internacional por medio de asistencias a foros, congresos, debates, mesas de diálogo donde se discute el tema en cuestión. En este paso, se han dictado conferencias regionales, nacionales e internacionales en foros académicos, gubernamentales, de iniciativa ciudadana y académica. No menos importante es la contribución que se ha realizado para la postulación de un marco regulatorio de la IA desde la ética a nivel nacional, participando en la iniciativa de una estrategia mexicana de la Inteligencia Artificial.

Todo ello ha permitido distinguir las primordiales consideraciones éticas, por medio de la detección de las pautas éticas más concurrentes en el diálogo internacional, lo que ha pie a la consolidación de participación en la divulgación científica en proyectos académicos y, además, de la sensibilización de desarrolladores de IA y tomadores de decisión para la implementación de políticas públicas.

Resultados

La comunidad internacional se ha preocupado por las consecuencias éticas y se ha iniciado un diálogo para establecer un marco ético entorno de la IA. Desde el año 2017 con los *Principios de Asilomar* se comenzaba a establecer de forma institucional algunas directrices para poder abordar el tema ético de la IA, aunque fuera desde un enfoque muy limitado en participación. Fue la OCDE en el año 2019 la que postuló los *Principios de la OCDE sobre la Inteligencia Artificial*, procurando realizar un enfoque multidisciplinar con una perspectiva internacional. En ese sentido, en el año 2018 la Unión Europea inició un trayecto que se propone concluir en 2022 para generar un marco para una ética responsable. No menos importante es mencionar el camino que arrancó la UNESCO en el 2020 para generar una ética de la IA y que se ha propuesto concluir en el año 2022. En general, son más de 30 propuestas éticas de la IA que han surgido alrededor del mundo (Fjeld y col., 2020), pero sin duda, por su carácter institucional y el nivel de coordinación de las tres organizaciones mencionadas, resultan relevantes en el horizonte del presente trabajo.

Privacidad, gobernanza de datos, transparencia, uso responsable y dignidad humana, son los conceptos que más se entrelazan en las propuestas institucionales arriba mencionadas. En el marco del *Reglamento General de Protección de Datos* y de la *Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas* de la Unión Europea (2021a,b), la privacidad es la gestión adecuada de datos de los usuarios para que no le causen ningún perjuicio en su seguridad y confidencialidad, por lo que se establece que toda Inteligencia Artificial debe de contar con un soporte que no vulnere la intimidad del individuo y que no lo ponga en riesgo. Por su parte, si consideramos que los datos es la principal fuente de accionar de los algoritmos, entonces la gobernanza de datos es todo mecanismo para generar un control adecuado de dicha información y que procure una calidad de estos para evitar posibles sesgos. En tanto que, dado que la IA es un conocimiento técnico que puede llegar a ser muy elaborado creando las llamadas cajas negras, es importante generar transparencia en las rutas para determinar cómo actúa la programación realizada y que en última instancia modifica el mundo real. Dado que el bien común es una meta en la cual existe concurrencia global, se ha propuesto que toda IA esté focalizada para contribuir en la resolución de problemas que aquejan a la humanidad y no para provocar maleficencia. Y, por último, se apela que toda *mímesis tecnocefálica* tenga como centro al ser humano y que sea eje transversal en el desarrollo y uso de dicha tecnología, tomando como referencia al menos los Derechos humanos.

Puesto que la única vía para alcanzar acuerdos de cualquier marco regulatorio es el lenguaje, es necesario ponderar los mecanismos para entablar un diálogo en la multiplicidad de formas de abordar la ética en la IA para tratar de dar respuesta a la pregunta ¿Si ya ha humanidad ha consensuado valores mínimos, por no llamarlos "universales", por qué en la realidad no nos ponemos de acuerdo en la gestión tecnológica que se nos presenta ahora?

Aunque existen diferentes formas de abordar esta situación, se propone al menos considerar dos cuestiones. En primer lugar, la llamada soberanía que el derecho positivo procura, puesto que más allá de los acuerdos globales, existe la venia de las propias regulaciones que el Estado estipula, por lo que suele ser ello un impedimento para aplicar los marcos internacionales. Por su parte, aquello que llamamos interés, es premisa para la actuación en cualquier contexto ético, más cuando el tema que nos ocupa atraviesa lo económico, privado y público, la cultura, historia, legislación y moralidad, por lo que la IA en su desarrollo e implementación está relacionada con la utilidad que la subjetividad determina o, dicho de otra forma, por el grado de beneficio de las particularidades (personal y organizacional). Si se tiene en cuenta estas consideraciones -además de los mínimos morales-, es posible generar una comprensión que postule la apertura de las subjetividades.

Adicional a lo anterior, en los grupos donde se habla sobre ética de la IA, se deben de considerar algunas cuestiones filosóficas como puntos de partida, a saber:

a) Razón: Sistema de interpretación que filtra la validez de un lenguaje propositivo en el mundo digital.
b) Abstracción: Realización de conceptos provenientes del mundo material para la generación de un mundo digital basando en el idealismo.
c) Metafísica: Discurso que da sustento al mundo físico, desde el terreno computacional, para generar tranquilidad en el ser humano en el mundo digital.
d) Verdad: Proposición basada en el aforismo de sí mismo y que genera una aporía en la pretensión de universalidad o tautología.
e) Contingencia: Extrañamiento del ser humano por el mundo que lo circunda, basada en la contradicción, confusión, divergencia y dinamismo de la vida y que hace crear divergencia o sesgos.

En consecuencia, de manera muy concreta se propone actuar desde dos hilos conductores para alcanzar una ética de la IA. El primero de ellos tiene qué ver con la pregunta ¿Quién crea a la IA? La respuesta es: el programador, por lo que cualquier irrupción ética que devenga de los desarrollo que él realice (considerado la base del interés arriba mencionado), siempre sus resultados informáticos tienen una estrecha relación con su forma de ver el mundo, lo cual postula que no hay moral algorítmica, sino una transparencia de la realidad al mundo digital ya que si la IA da como resultado alguna discriminación, es porque en la sociedad existen datos que alimentan las reglas de programación de esa forma, por lo que se propone apuntalar la formación ética de los desarrolladores de IA, para disminuir controversias causadas por dicha tecnología. Por su parte, para abordar la pregunta ¿Quién usa la IA? está la otra entidad que actúa en este binomio: los usuarios, que son todas las personas que están siendo interpeladas por la IA y que pueden llegar a desconocer la forma de actuación que crea problemas éticos, por lo que ocupa una socialización del conocimiento del tema, para que se puedan generar una mayor autonomía en la toma de decisiones en la colisión de las conciencias provocada por el encuentro disruptivo de dicha tecnología (Rodríguez-Reséndiz, 2020).

Logros/Resultados personales

Como parte de los resultados, se ha logrado intervenir en el proyecto internacional de la UNESCO "*Ethics of Artificial Intelligence*" que busca crear un marco global de dicha tecnología. Además, se ha logrado publicar 3 artículos como primer autor y en 3 artículos en Journal Citation Reports. Se han presentado 3 conferencias

internacionales en congresos de ética y bioética. Se colaboró en la construcción de la "*Agenda nacional mexicana de Inteligencia Artificial*", en alianza con gobierno, sector privado y academia. Se ganaron 3 becas de posgrado (UNESCO: Diplomacia científica aplicada a las neurociencias; Universidad Adolfo Ibañez (Chile) y Banco Interamericano de Desarrollo: AI Business, programa de formación sobre ética de datos: Algoritmos éticos, transparentes y responsables; y, Universidad de Buenos Aires: Programa de Formación multidisciplinario de Inteligencia Artificial). También, se logró una certificación en Derecho penal y comportamiento humano. Avances desde la neurociencia y la Inteligencia Artificial (Universidad de Castilla-La Mancha, España). Actualmente, está en proceso dos proyectos de capacitaciones en ética de Inteligencia Artificial a la iniciativa privada (Toyota México -ámbito nacional- y Ericsson -ámbito internacional-).

Discusión y Conclusiones

Existen modificaciones a la realidad que se desprenden de la IA, entre ellas las que tienen que ver con el orden ético. A pesar del auge de dicha tecnología, aún no se logra encontrar acuerdos globales sobre su uso responsable, sobre todo porque existen ruidos que pueden llegar a impedir el diálogo, pero se han mostrado una serie de consideraciones que podrían actuar como mínimos considerandos bio/éticos, ya que, al analizar las principales postulaciones normativas en el tema e intervenir en el diálogo regulatorio, se ponderan puntos de partida para poder desarrollar y aplicar IA. Sumado a ello, es necesario tener en consideración una concepción filosófica del asunto ya que puede generar una comprensión del lenguaje en ética de la IA y, además, la intersección de la subjetividad representada por los intereses. Por su parte, no se puede concluir que la IA sea moral en sí misma o determinar su responsabilidad en los problemas éticos que de ella se desprenden, sino que en todo caso la ecuación resulta más adecuada si consideramos que entre mayor sentido ético haya en una sociedad, menos algoritmos sesgados tendremos.

Referencias bibliográficas

Apple (2021). Expanded Protections for Children. Child Safety. Disponible en: https://www.apple.com/child-safety/

Bustos, C., Rhoads, D., Solé-Ribalta, A., Masip, D., Arenas, A., Lapedriza, A., & Borge-Holthoefer, J. (2021). Explainable, automated urban interventions to improve pedestrian and vehicle safety. Transportation research part C: emerging technologies, 125: 103018. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X21000498?via%3Dihub

Canalys (2021). Global smartphone market Q1 2021. Canalys worldwide smartphone market Q1. Disponible en: https://www.canalys.com/newsroom/canalys-worldwide-smartphone-market-Q1-2021.

Cortina, A. (2002). La dimensión pública de las éticas aplicadas. Revista Iberoamericana de educación. 29: 45-64. Disponible en: https://rieoei.org/RIE/article/view/950

Fjeld, J., Achten, N., Hilligoss, H., Nagy, A., & Srikumar, M. (2020). Principled artificial intelligence: Mapping consensus in ethical and rights-based approaches to principles for AI. Berkman Klein Center Research Publication.

Fortune Business Insights™ (2021). Artificial Intelligence (AI) in Retail Market Analysis-2026. (ID: FBI101968), India, enero 2020.

Hill, R. K. (2016). What an algorithm is. Philosophy & Technology, 29(1): 35-59.

Human Rights Watch (2020). As Killer Robots Loom, Demands Grow to Keep Humans in Control of Use of Force. Disponible en: https://www.hrw.org/world-report/2020/country-chapters/global-0#.

Kayser-Bril, N. (2020). Google apologizes after its vision ai produced racist results. URL

https://algorithmwatch.org/en/story/google-vision-racism/.

Laird JE. Et al. (2017). A Standard Modelo f the Mind: Toward a Common Computational Framework across Artificial Intelligence, Cognitive Scieces, Neuroscience, and Robotircs. Estados Unidos, Association ofr the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI). Al Magazine 38(4): 13-26.

McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., Back, T., Chesus, M., Corrado, G.S., Darzi, A., Etemadi, M., Garcia-Vicente, F., Gilbert, F.J., Halling-Brown, M., Hassabis, D., Jansen, S., Karthikesalingam, A., Kelly, C.J., King, D., Ledsam, J.R., Melnick, D., Mostofi, H., Peng, L., Reicher, J.J., Romera-Paredes, B., Sidebottom, R., Suleyman, M., Tse, D., Young, K.C., De Fauw, J., & Shetty, S. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. Nature, 577: 89-94. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6

Microsoft Technology Licensing (2020). Creating a conversational chat bot of a specific person. US010853717: Estados Unidos. https://pdfpiw.uspto.gov/.piw?docid=10853717.

Ntoutsi, E., Fafalios, P., Gadiraju, U., Iosifidis, V., Nejdl, W., Vidal, M. E., Ruggieri, S., Turini, F., Papadopoulos, S., Krasanakis, E., Kompatsiaris, I., Kinder-Kurlanda, K., Wagner, C., Karimi, F., Fernández, M., Alani, H., Berendt, B., Kruegel, T., Heinze, C., Broelemann, K., Kasneci, G., Tiropanis, T., & Staab, S. (2020). Bias in data-driven artificial intelligence systems—An introductory survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3): e1356. Disponible en: https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/widm.1356.

Rodríguez-Reséndiz, H. (2020). Consideraciones Éticas en la Inteligencia Artificial. Mes de la bioética. Investigaciones a quince años de la Declaración Universal Bioética y de los Derechos Humanos. ISBN 978-607-513-527-4; 978-607-513-536-6.

Rodríguez-Reséndiz, H. (2020). Ética de la Inteligencia Artificial en el contexto global. Mes de la bioética. Investigaciones a quince años de la Declaración Universal Bioética y de los Derechos Humanos. ISBN 978-607-513-527-4; 978-607-513-536-6.

Turner, R. (2013). The philosophy of computer science. In Zalta, E.N. (Ed.) The Stanford encyclopedia of philosophy. Disponible en: https://plato.stanford.edu/entries/computer-science/

Unicef. (2006). Convención sobre los Derechos del Niño. UNICEF Comité Español. Disponible en: https://www.un.org/es/events/childrenday/pdf/derechos.pdf

Unicef. (2001). Protocolo facultativo de la Convención sobre los Derechos del Niño relativo a la venta de niños, la prostitución infantil y la utilización de niños en la pornografía. Ratificación del Rey de España Juan Carlos I. Disponible en: https://www.oas.org/dil/esp/Protocolo%20Facultativo%20de%20la%20Convenci%C3%B3n%20sobre%20los%20Derechos%20del%20Ni%C3%B1o%20relativo%20a%20la%20venta%20de%20Ni%C3%B1os,%20la%20prostituci%C3%B3n%20infantil%20y%20la%20utilizaci%C3%B3n%20de%20ni%C3%B1os%20en%20la%20pornograf%C3%ADa%20Republica%20Dominicana.pdf

Unión Europea (2021a). Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales ya la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos) (Texto pertinente a efectos del EEE).

Unión Europea (2021b). Directiva 2006/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la conservación de

datos generados o tratados en relación con la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de acceso público o de redes públicas de comunicaciones y por la que se modifica la Directiva 2002/58/CE.

Yuzbekova, I., Tairov, R. (2021). “Nada cambiará si no existen”: el responsable del startup Perm explicó los despidos masivos de empleados. https://www.forbes.ru/newsroom/biznes/436639-nichego-ne-izmenitsya-esli-ih-ne-budet-glava-permskogo-startapa-obyasnil

DIISROVA: Portafolio digital de diseño bajo parámetros de usabilidad

Autor: Diana Isabel Rodríguez Valenzuela
drodriguez40@alumnos.uaq.mx

Asesor: Rosario Barba González
rosario.barba@uaq.mx

Resumen:

Un diseñador web debe decidir la tarea que va realizar, si se trata de una consultoría se recurre con la intención de saber que hacer para que el sitio funcione, en cuestión de creación del sitio hay dos formas, desarrollarla desde cero, al utilizar código html, o hacer uso de plataformas mediante gestión de contenido, como WordPress, sin la necesidad de aplicar código. Antes de la construcción del sitio web, lo primero es realizar un análisis de la competencia para saber qué es lo que hacen, lo que les funciona y sus elementos, dichas evaluaciones se realizan en conjunto haciendo uso de herramientas como las reglas heurísticas de Nielsen (1993), el análisis de competencias y benchmarking (1979). De ello se hace el análisis de las necesidades de la página, donde se ve lo que realmente necesita el cliente. Igualmente, de analiza a los usuarios, sus conocimientos y temores al navegar. Es entonces cuando se comienza la construcción del sitio con la selección de contenidos que se planea tener. Después se crean los bocetos de la estructura del sitio a bajo, medio y alto nivel. Con ello se hacen pruebas de usuarios tanto potenciales como fuera del nicho, para evaluar que la navegación sea óptima para todo público. Para esta investigación se construye un sitio, con temática de portafolio digital, mediante la plataforma de WordPress, por lo que se evalúa si se hace uso de alguna plantilla ya existente o si se hace el diseño de una nueva.

Palabras clave: Portafolio, Sitio Web, Digital, Usuario y Usabilidad

Abstract:

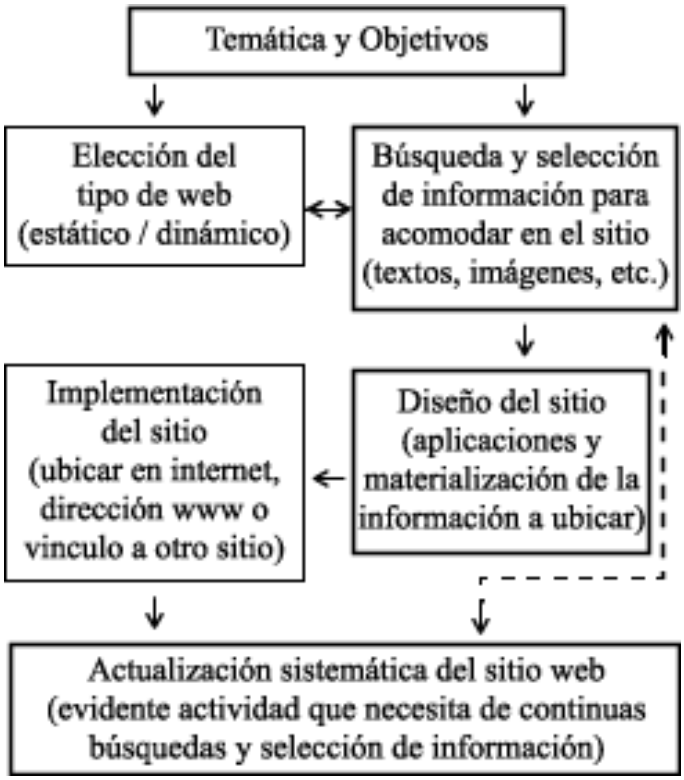
A web designer must decide the task to be performed, if it is a consultancy is resorted to with the intention of knowing what to do to make the site work, in terms of creating the site there are two ways, develop it from scratch, using html code, or make use of platforms through content management, such as WordPress, without the need to apply code. Before the construction of the website, the first thing to do is to make an analysis of the competition to know what they do, what works for them and their elements, these evaluations are made together using tools such as the heuristic rules of Nielsen (1993), the analysis of competencies and benchmarking (1979). From this, the analysis of the needs of the page is made, where it is seen what the client really needs. Likewise, we analyze the users, their knowledge and fears when navigating. It is then when the construction of the site begins with the selection of content that is planned to have. Then the site structure sketches are created at low, medium and high level. This is used to test potential users as well as those outside the niche, in order to evaluate that the navigation is optimal for all audiences. For this research a site is built, with a digital portfolio theme, using the WordPress platform, so it is evaluated whether to make use of an existing template or to design a new one.

Keywords: Portfolio, Web Site, Digital, User and Usability

La siguiente investigación tiene como objetivo demostrar que siguiendo los pasos de las distintas metodologías aplicadas a la creación de un sitio web, sin importar la temática u objetivos del sitio, junto con las diferentes herramientas, como lo son las reglas heurísticas de Nielsen (1993), o el benchmark (1979), se logra un nivel de usabilidad óptimo para que usuario pueda navegar en el sitio sin problema alguno. Para esta investigación se desarrolla el ejemplo de la creación del sitio DIISROVA, el cual es un portafolio

digital y la metodología utilizada es del creador Virgilio Gonzales Aguilar.

Fuente: https://www.gestiopolis.com/metodologia-para-el-diseno-y-elaboracion-de-un-sitio-web/



El sitio web pertenece a una estudiante de diseño y comunicación visual que cursa el octavo semestre, cuya línea terminal es el diseño de espacios virtuales (diseño web). El propósito de su marca es diseñar productos y servicios de calidad que sean eficientes y cubran las necesidades tanto de sus clientes como de sus usuarios. Su necesidad es saber cómo presentar su portafolio de trabajo, vía online, a los potenciales empleadores y sus futuros clientes, donde se busca ofrecer una experiencia óptima en su visualización, en la lectura y en la contratación de sus servicios, mostrando productos variados, acorde al proyecto centrado en el desarrollo web con un enfoque en la experiencia de usuario.

Este proyecto y sus recomendaciones están dirigidos a dotar a DIISROVA de los elementos necesarios para posicionarse como el sitio más visitado de portafolio digital profesional por internet a través de un distintivo clave: La mejor experiencia de usabilidad en la visualización de portafolios en línea.

Por lo tanto, el objetivo del proyecto es elaborar un portafolio centrado en el desarrollo web, que integre las herramientas de ilustración, fotografía y branding para hacer visible su trabajo a cuatro reclutadores de agencias de diseño y empresas de entretenimiento mensuales en el primer año después de ser publicado. De esta manera logra que los empleadores potenciales conozcan su forma de trabajo, su experiencia y sus habilidades.

Para lograrlo se propone hacer uso de un sitio dinámico, el cual, por sus características principales, es informativo y presenta enlaces tanto internos como externos al mismo. Lo primordial es lograr una experiencia óptima para el usuario, desarrollando contenido llamativo y ofreciendo información clara y sencilla en diversos formatos, para así atraer la atención del segmento objetivo.

Para que el sitio cumpla con sus objetivos se recomienda contar con una variabilidad de canales de contacto para lograr una comunicación directa con el cliente, brindar una atención al cliente rápida y oportuna, ofrecer información clara de cada servicio, así como del proceso de cada proyecto, aplicar el uso de un botón de accesibilidad para que el usuario haga los ajustes necesarios en el sitio para facilitarle su lectura y visualización, hacer uso de contenido multimedia para llamar la atención del usuario, aplicar un diseño responsivo para dispositivos móviles y tener la opción de la creación de cuentas para un trato continuo y así efectuar una contratación rápida. Dichas recomendaciones son aplicables acorde a las necesidades del titular del sitio, algunas son esenciales, pero otras puede o no hacerse uso de ellas.

Para dar inicio al proyecto se debe conocer quiénes son los clientes y usuarios potenciales, por lo que se aplican entrevistas de investigación y a partir de los resultados se hace una definición de lo que en general buscan, quieren y necesitan. Para este estudio los resultados concordaron que el usuario quiere estar informado antes de contratar un servicio, es

desconfiado, busca validar la información, prefiere tener un contacto directo, busca diferentes canales de contacto, prefiere los precios accesibles a sus ganancias y teme proporcionar sus datos personales, se toma en cuenta los aspectos positivos para saber qué es lo que quieren, y los negativos para conocer qué es lo que necesitan. A través de los datos obtenidos se hace una hipótesis sobre lo que los usuarios potenciales saben sobre la navegación en general, es decir, si conocen el significado de la terminología utilizada, así como el funcionamiento de la iconografía aplicada. Y a partir esto se crean las historias de usuario donde se hace un perfil en el que se describe un usuario potencial, su edad, su entorno, sus actividades cotidianas, su nivel de conocimientos tecnológicos, su nivel social, las problemáticas a las que se enfrenta y las soluciones que se plantean al momento de navegar vía online.

Para DIISROVA, su nicho de mercado está ubicado en una edad de entre veinticinco y treintaicinco años, de sexo indistinto, son personal empleador o personas que cuentan con un negocio, que tienen acceso a internet y dispositivos electrónicos. Se hace la suposición que tienen un conocimiento previo de modos de navegación y comprenden la función de los íconos tales como el menú hamburguesa.

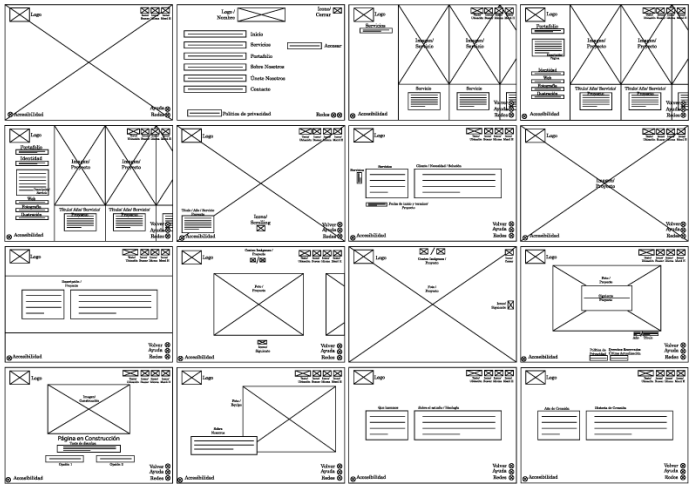
Después de conocer al usuario se analizan los antecedentes del sitio propio, pero en este caso, al ser una marca nueva, su creación va de cero, es decir, como no se tiene el antecedente de un sitio previo, se hace el análisis realizando una comparación de lo que se quiere y necesita, con la competencia. Primero se realiza una evaluación heurística (1993), del sitio para valorar los elementos de la interfaz, luego se realiza un análisis de competencias y benchmark (1979), para conocer cómo construyeron sus sitios, que servicios ofrecen y que es lo que hace que los usuarios los visiten.

Para DIISROVA, se hizo una investigación con tres competencias dentro del mismo estado, dos a nivel nacional y una a nivel internacional, para obtener un campo de comparación más amplio. Esto para conocer lo que ofrecen, el acomodo de sus sitios, cuáles son sus aplicaciones en cuestiones de usabilidad y experiencia de usuario, sus fortalezas, debilidades, amenazas y áreas de oportunidad. Tomando en cuenta la investigación anterior, se descubrió que ellos aplican lo que es una sección para crear una cuenta personal dentro de la página para tener un trato más directo, brindan atención al cliente, sus sitios tienen facilidad de aprendizaje, aplican un diseño minimalista, usan los colores de la marca, su información es clara, cuentan con secciones de blogs, aplican el uso de diseño responsivo y tienen contenido multimedia. En los puntos negativos, no hacen uso de botón de búsqueda, ni el botón de accesibilidad.

Con los datos obtenidos, se define una propuesta clara de valor al cliente sacando ventaja de su oferta de servicios, de esta manera se plantea que el sitio cuente con una sección de búsqueda, que sea responsivo en dispositivos móviles, donde se brinde atención al cliente con facilidad de uso y prevención de errores, además de que se aplique un diseño minimalista, es decir, que sea un diseño limpio y simple donde se pueda concretar una línea de contacto entre el cliente o reclutador y la diseñadora.

Para la construcción del sitio se propone que se cuente con una arquitectura sencilla, donde se tenga la sección de inicio (página principal del sitio), servicios, portafolio, acerca (página de presentación del titular) y contacto. Los contenidos que se tienen contemplados son el conjunto de imágenes en una galería con un slider del tipo manual y/o automático, contenido multimedia para proyectos de producción audiovisual o descripción de los procesos de los proyectos, y formularios para contactos y/o solicitud de información. Al contar con temática de portafolio se asume el conjunto de trabajos expuestos por la diseñadora, brinda una variabilidad de vías de comunicación para acercarla al usuario, ofrece atención al cliente que a su vez sirve como fuente de consulta de información y cuenta con una navegación facetada que ubica al usuario en el sitio con el nombre de la sección que está visualizando. Para tener una idea de cómo se ve el sitio, se crean los wireframes de bajo nivel, en el cual se identifica que es imagen, que es texto, dónde se ubica cada elemento, y se hace una prueba para verificar si la construcción cuenta con lo necesario para la navegación, luego se procede a crear

los wireframes de alto nivel donde ya se ven aplicados los colores, íconos, textos e imágenes teniendo una aproximación del resultado final. Nuevamente se hacen pruebas para la verificación de la navegación. Para dichas pruebas se hace uso de plataformas tales como InVision, que permiten hacer un prototipo de como se ve el sitio, los enlaces que se tienen y la navegación en general.



El sitio DIISROVA se construye según los resultados de las investigaciones y las recomendaciones realizadas, dicho eso, el sitio cuenta con los siguientes elementos. Se tienen botones flotantes, los cuales aparecerán en todo momento en el sitio para facilitar la navegación del usuario, en este caso se tiene lo que es el isologo de la diseñadora que es el indicador de la marca y sirve como botón para volver a la página de inicio; se aplica la navegación facetada a través de un indicador visual para reconocer la ubicación del usuario dentro del sitio; un botón de búsqueda para ayudar al usuario a encontrar una sección en específico; un botón de lenguaje para poder cambiar el idioma del sitio, que en este caso sólo se aplica el español e inglés; un menú hamburguesa que es el botón en barras donde se encuentran todas las secciones del sitio, para poder acceder a ellas con mayor facilidad y dentro se encuentra la página donde se muestra los accesos para las distintas secciones del sitio que en este caso son el nombre del sitio, el botón de cierre para cerrar la página actual, las secciones del sitio que son inicio, servicios, portafolio, acerca, contacto y redes sociales; un botón de accesibilidad o de ajustes para hacer cambios en la página para mejorar la lectura y visualización de la misma, para el usuario; un botón de volver para regresar a la página anterior; una botón de ayuda para ayudar al usuario a solucionar sus dudas acerca del modo de navegación, algún error de página o contenido, o para establecer algún contacto con el dueño de la página; un botón de redes sociales para que el usuario pueda tener fácil acceso a las redes sociales del dueño de la página.

Se tiene contemplado que el link de políticas de privacidad y la vigencia del sitio aparezcan al final de cada página para que el usuario tenga acceso a la información sobre la última revisión de la página, la actualización de información, la recolección de datos y el uso de los mismos, en todo momento.

Al entrar al sitio aparece lo que es el isologo de la marca como indicador de carga, al termino se presenta la primera página que es de inicio, la cual está constituida por una pantalla fija, de fondo tiene una galería con un slider automático y por encima cuenta con una capa de color azul con opacidad al cincuenta por ciento, encima se tienen los botones de secciones al centro de la página, de fácil acceso para que el usuario pueda seleccionar la sección que quiera visitar.

Se tiene la segunda página que es de servicios con scroll horizontal, tiene un cuadro de presentación fijo que sirve como indicador de sección con una breve descripción para que el usuario sepa lo que encontrará dentro esta página, seguido tiene un carrete de servicios constituido por ventanas con el nombre de los servicios que se prestan y una imagen representativa del mismo con alguno de los trabajos que se encuentran dentro de dicha sección. Estas a su vez tienen la función de acceso directo a la sección indicada dentro de la página del portafolio. Esta sección tendrá el color base en escala de grises y al hacer hover encima de alguna de las secciones se cambiará a colores RGB. Esto sirve como indicador para que el usuario sepa donde está ubicado su mouse.

La tercera página es de portafolio con un scroll horizontal, siguiendo el diseño de la página de servicios tiene un cuadro de presentación fijo indicador de sección con una breve descripción para

que el usuario sepa lo que encontrará dentro esta página, abajo se tienen botones de secciones para que el usuario pueda separar los proyectos y visualizar únicamente los trabajos del servicio que es de su interés, el cuadro de presentación se mantiene fijo al seleccionar algún servicio en específico, al hacerlo se quita la descripción del portafolio y cambia por una breve descripción de lo que trata cada servicio; Seguido de esto se tiene un carrete de proyectos con ventanas con el nombre, fecha de elaboración (inicio y término), servicio al que pertenece cada uno de los proyectos que se prestan y una imagen representativa del mismo. Estas a su vez tienen la función de acceso directo a la página informativa del proyecto. Igual se tendrá el color base en escala de grises y al hacer hover encima de alguna de las secciones se cambiará a colores RGB. Esto sirve como indicador para que el usuario sepa donde está ubicado su mouse.

La cuarta página es de proyectos con un scroll vertical, cuenta con una portada donde se hace uso de la imagen que se tiene en las ventanas de la sección de portafolio para que el usuario pueda identificar el proyecto, por encima de la portada se tiene un cuadro de texto contenedor de los datos principales [Nombre del proyecto, Fecha de elaboración (inicio y término), y servicio al que pertenece], del proyecto en cuestión; Al hacer scroll, la página desciende mostrando así la información del proyecto, se presenta el servicio por el que se contrató, la fecha de inicio y término, descripción de lo que se hizo, descripción de los problemas enfrentados y la solución a los mismos, seguido a esto aparece un conjunto de imágenes con los resultados del proyecto, y al final de la página aparece un recuadro con base de imagen de portada y datos del siguiente proyecto con desenfoque. Que a su vez sirve como botón de acceso para ir a la página del siguiente proyecto en lista, según el servicio en el que se encuentre, debajo de este se tienen dos botones, uno para regresar a la página de inicio y el otro para regresar a la página del portafolio. Esto para brindar una salida fácil de la ubicación actual al usuario. Este mismo formato es aplicado en cada proyecto.

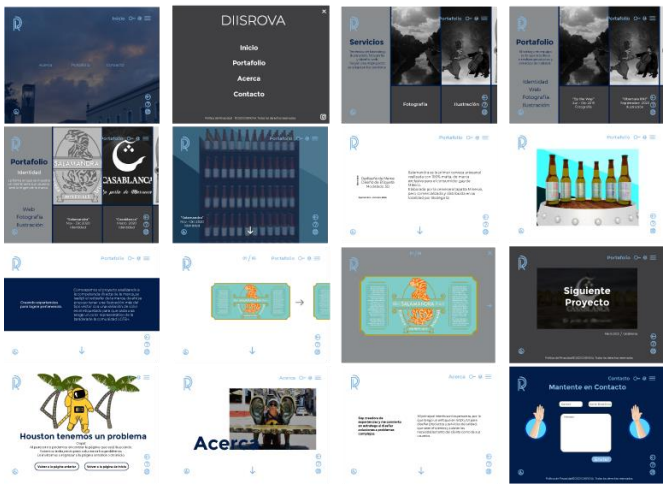
La quinta página es de acerca con un scroll vertical, tiene una portada que es un color sólido de fondo, una imagen de retrato del dueño de la página para que el usuario pueda identificarlo y el título que es el texto que indica la sección donde se ubica el usuario, al hacer scroll se tiene la presentación del titular del sitio con un retrato, nombre y título profesional, la página desciende mostrando así la información del titular, se presenta una breve historia de vida personal y profesional, así como el FODA, para que el usuario conozca algunos aspectos del titular. Al final de la página se presenta un formulario de contacto al usuario para que pueda contactarse con el dueño del sitio, donde se pide el nombre del usuario, correo electrónico y se tienen un cuadro de texto donde el usuario puede dejar escrita la razón de su contacto. Al enviar el mensaje aparece una ventana emergente con texto explicativo de que el mensaje ha sido enviado con éxito, o en caso de que el mensaje no haya sido enviado se avisa que ha habido un error y asegura de que sus datos no han sido recopilados, se dan la opción de volver a mandar el mensaje, de igual manera se tiene una imagen que al principio sirve como saludo y al mandar el mensaje cambia de posición y color como signo de aprobación de que el mensaje ha sido enviado con éxito, debajo del formulario se tiene un botón para regresar a la página de inicio.

La sexta página es de contacto en una pantalla fija donde se brinda al usuario el número telefónico, correo electrónico y las redes sociales para que pueda contactar al dueño de la página en cualquier momento, además se presenta un formulario de contacto al usuario para que pueda contactarse con el dueño del sitio donde se pide nombre del usuario, correo electrónico, número telefónico, ciudad, país y se tiene un cuadro de texto donde el usuario puede escribir la razón del contacto. Al enviar el mensaje aparece una ventana emergente con texto explicativo de que el mensaje ha sido enviado con éxito, o en caso de que el mensaje no haya sido enviado se avisa que ha habido un error y asegura de que sus datos no han sido recopilados, dando la opción de volver a mandar el mensaje, de igual manera se tiene una imagen que al principio sirve como saludo y al mandar el mensaje cambia de posición y color como signo de aprobación de que el mensaje ha sido enviado con éxito, debajo del formulario se tiene un botón para regresar a la

página de inicio. Esto para brindarle una salida fácil de la ubicación actual al usuario.

Además de las páginas de la arquitectura propuesta se tiene dos páginas extra, la primera es la página de error con una pantalla fija, tiene una imagen ilustrativa que hace referencia a error del sitio 404, donde se hace mención de que hay un error con la página a la que se desea acceder (no se encuentra la página). Después tiene un texto que informa sobre que hay un problema en la página de forma entretenida para no alarmar o distraer al usuario. Tiene un párrafo que explica al usuario que el sitio tiene un problema, que no es culpa de él, y que le brinda opciones de salida. Estos son tres un botón que redirige al usuario a la página de contacto para que pueda comunicarse con el titular del sitio, ya sea para esclarecer que ha surgido un error en la navegación o para otros fines. Y se tiene dos botones para brindarle un fácil acceso de salida de la ubicación actual al usuario, uno para regresar a la página de inicio y el otro para regresar a la página anterior.

Y la segunda es la página de políticas de privacidad con un scroll vertical, al desplazarse por la página se da lectura a la página legal donde el titular del sitio informa al usuario sobre los datos personales que se recopilan al navegar en el sitio, a través de que medios se recogen estos datos, se almacenan y sobre el tratamiento que se realizará de los mismos. Al finalizar se presenta un botón para regresar a la página de inicio. Esto para brindarle una salida fácil de la ubicación actual al usuario.



Al terminar el desarrollo del sitio, se realizan lo que son las pruebas de usabilidad donde se desarrolla un prototipo orientado a ser usado principalmente a través de ordenadores. Con ello se hacen pruebas a un número de usuarios, lo preferente es que se encuentren dentro del nicho del cliente, además de sumar algunos usuarios que se encuentren fuera de él para así asegurar que el sitio puede ser navegado por cualquier usuario y no tendrán problemas al hacerlo.

Las pruebas consisten en pedir al usuario realizar una tarea determinada, esto sin darle más indicaciones, por lo tanto, el usuario debe encargarse de navegar por el sitio hasta lograr realizar la tarea asignada. Esta prueba no tiene límite de tiempo, pero lo ideal es lograr que una tarea sea terminada a pocos minutos de empezar la navegación, y no solo nos importa la cuestión de tiempo, lo que realmente nos interesa es que el usuario no tenga problemas en encontrar lo asignado, que le sea sencillo llegar a él, que su lectura sea adecuada y no tenga problemas en comprender los términos del sitio.

Los resultados obtenidos comprueban la usabilidad del sitio, verifica si es óptimo para su navegación o si hay necesidad de hacer ajustes. Estos van desde un cambio de colores, tamaño de letra, o en lo más extremo volver a construir el sitio desde cero, por ejemplo, si el usuario terminó la prueba con estrés, incomodidad, teniendo un sentimiento de no querer volver a navegar en el sitio o si el usuario no puede terminar su tarea, lo quiere decir que el sitio tiene problemas y deben solucionarse. De lo contrario los objetivos del sitio no son cumplidos, y el usuario no termina la navegación completa, al abandonar el sitio no regresa a él, se va con estrés y un sentimiento de incomodidad.

En conclusión, la creación de un sitio no es únicamente poner los elementos al azar tratando de que se vean bien, como todo lleva un proceso y cada elemento tiene un por qué. El hacer una investigación previa con ayuda del benchmark (1979), de la competencia es útil para conocer cuáles son las tendencias y los servicios que prestan, con ayuda de las heurísticas de Nilsen (1993), te das cuenta de los buenos y malos usos que se aplican. Esto es útil al

momento de analizar qué es lo que es aplicable al proyecto en base a las necesidades del cliente y sus usuarios, y lo que se quiere para lograr los objetivos del sitio. No todo será aplicable, pues varía según los objetivos, pero se tienen elementos que son claves para lograr una navegación óptima. Al crear la arquitectura y los contenidos del sitio lo que se hace es la estructuración de la imagen de la marca, el cómo es percibido esta visible en cada aspecto desde los colores, la iconografía aplicada, la cantidad de información brindada, la tipografía seleccionada, los elementos base, el tipo de contenido y el orden del mismo.

Recordando que solo se tienen pocos segundos para captar la atención del usuario, lo mejor es aplicar un balance entre información y contenido, el fin del sitio es alcanzar un número considerable de visitas, que al dar lectura y su visualización sea agradable y fácil de entender. Que su interacción con el sitio sea intuitiva y no se vea agravada por algún error de colocación o de interpretación.

El último juez es el usuario, por lo que hacer las investigaciones de las competencias es un punto importante, se tiene acceso a la información sobre lo que el usuario busca en un sitio, si bien es cierto que es principalmente entran a los sitios por los productos o servicios que se ofertan, sin embargo, el que entre a buscar algo en específico y se quede en el sitio por una navegación que le sea agradable es a lo que llamamos alcanzar un nivel óptimo de usabilidad.

Referencias:

González Aguilar Virgilio. (2011, marzo 15). Metodología para el diseño y elaboración de un sitio web. Recuperado el 16 de octubre de 2021, de https://www.gestiopolis.com/metodologia-para-el-diseno-y-elaboracion-de-un-sitio-web/

Rodríguez, C. H., & Flores, M. C. (s/f). LA IMPORTANCIA DEL BENCHMARKING COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO EN LAS ORGANIZACIONES. Www.uv.mx. Recuperado el 18 de octubre de 2021, de https://www.uv.mx/iiesca/files/2018/03/04CA201702.pdf

Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. AP Professional.

DeepL Translate: The world's most accurate translator. (n.d.). Deepl.Com. Retrieved October 20, 2021, from https://www.deepl.com/translator

Con un poco de ayuda: Calidad de los gobiernos locales e impacto económico en México.

Carlos Armando Salas Benítez (FCA, UAQ, csalas18@alumnos.uaq.mx)

Dr. Enrique Leonardo Kato Vidal (FCA, UAQ, enriquekato@uaq.mx)

Resumen.

La evaluación de la calidad gubernamental en la actualidad permite a los gobiernos estatales como al gobierno federal tener una amplia perspectiva de la situación económica de las zonas gobernadas. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) revela a través de su Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental (ENCIG) la percepción ciudadana de diversos problemas que embargan a la sociedad mexicana, como corrupción, calidad de los servicios públicos, eficiencia de las instituciones, entre otros que podremos complementar con datos de CONEVAL como el salario, el Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal y el ingreso. Por ello nace la necesidad de crear una herramienta de análisis objetiva sobre la materia de percepción de corrupción que brinde certeza en la información y permita la elaboración de políticas públicas orientadas a prevenirla en las instituciones públicas. El análisis está basado en el periodo del 2012 al 2019. Mediante una segmentación de los estados del país en cuartiles, según su actividad económica y posición geográfica será posible realizar los cálculos que evalúen entre otros factores la calidad gubernamental, el crecimiento, el salario, la percepción de la corrupción, la pobreza y la actividad económica por entidad federativa.

Palabras clave.

Corrupción, calidad gubernamental, pobreza, salarios, desarrollo.

Abstract.

The evaluation of government quality today allows state governments as well as the federal government to have a broad perspective of the economic situation of the governed areas. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) reveals through its Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental (ENCIG) the public perception of various problems that plague Mexican society, such as corruption, quality of public services, efficiency of the institutions, among others that we can compare with data from CONEVAL such as salary, the Quarterly Indicator of State Economic Activity and income. For this reason, the need arises to create an objective analysis tool on the matter of perception of corruption that provides certainty in the information and allows the development of public policies aimed at preventing it in public institutions. The analysis is based on the period from 2012 to 2019. Through a segmentation of the country's states into quartiles, according to their economic activity and geographical position, it will be possible to perform calculations that evaluate, among other factors, government quality, growth, salary, perception of corruption, poverty and economic activity. by federal entity.

Key Words.

Corruption, quality of government, poverty, wages, development

Introducción.

El concepto de calidad gubernamental tiene su origen en el sector privado que fue incorporado en el sector público al demostrarse que los principios empresariales de calidad eran aplicables si se veía al ciudadano como un cliente que busca un servicio por el que indirectamente paga. Desde entonces en el mundo se han creado diversos mecanismos que permiten evaluar la calidad de gobierno de las naciones con el objetivo de eficientar el sistema de gobernación dentro de los más destacables el modelo *Quality of Government* de la Unión Europea.

Desde su concepción el Índice de Calidad de Gobierno (Charrón, Lapuente y Annoni 2019) ha tenido un amplio impacto en la investigación sobre la geografía económica de la Unión Europea, el espíritu empresarial y la innovación a nivel subnacional y ha sido incluido como parte de múltiples rondas de publicación del Informe sobre Cohesión Económica, Social y Territorial.

En el caso mexicano durante los últimos tres sexenios estos cambios en la gobernanza democrática han adquirido relevancia central para el gobierno mexicano, toda vez que es en este periodo donde se implementan de manera sistemática, técnicas gerenciales privadas con una orientación a la satisfacción del ciudadano; y en el que se tiene como propósito esencial el involucramiento de la sociedad en la modernización de la gestión pública (INEGI, 2019)

La calidad del gobierno está definida como la capacidad del gobierno para sostener e incrementar el bienestar de la población. Para ello se recurre al diseño, implementación y evaluación de políticas públicas caracterizadas por la imparcialidad y efectividad en un marco libre de corrupción a través de instituciones públicas eficientes.

La literatura económica sugiere que el desarrollo institucional es el factor más profundo que determina al desempeño económico, incluso rebasando en importancia a la ubicación geográfica y la integración comercial con el resto del mundo (Acemoğlu, Johnson y Robinson, 2005, citado en Banxico 2020).

La gran mayoría de los estudios en esta materia han llegado a la conclusión de que en el gobierno la calidad es importante para el desempeño económico y que un gobierno deficiente en áreas rezagadas representa una barrera importante para el desarrollo.

El análisis de la calidad gubernamental se centra en el análisis de variables macroeconómicas como el Producto Interno Bruto, nacional y *per cápita*, la inversión, el crecimiento de la población además de los índices de percepción de la corrupción, la evolución de los servicios públicos, la calidad de la educación, la eficiencia en el sistema de salud. Aun cuando los resultados pueden variar dependiendo la región del país, nos permitirá homologar la información para tener una percepción clara del fenómeno.

En México cada año aumentan los niveles en la percepción de corrupción en las distintas instancias gubernamentales, el PIB crece anualmente en el periodo estudiado, algunos rubros como el educativo se encuentran bien evaluados en distintos ámbitos como el cumplimiento de los temarios y la gratuidad de la educación.

Nuestro país a través de (INEGI, 2019) presenta la Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental (ENCIG) la cual permite generar estimaciones con representatividad nacional sobre la calidad de los servicios públicos, tramites, pagos y otros contratos con el gobierno y así aportar elementos que ayuden a la toma de decisiones de política pública en materia de calidad en los tres niveles de gobierno.

En México la aplicación de encuestas con representatividad estadística para medir la calidad de servicios públicos es muy limitada. Por lo que uno de los grandes retos que enfrentan los gobiernos y la administración pública consiste en tener información que permita atender las diversas demandas de la población que día a día se incrementan.

Esto ha dejado de manifiesto la necesidad de realizar y continuar la medición del desempeño como algo básico para una planeación, programación y control objetivo de la administración pública.

Esto nos permitirá el desarrollo de un modelo simple que permita tener amplia información sobre el tema y este de lugar a un análisis de los diversos puntos donde el gobierno debe poner atención para la mejora de la calidad gubernamental y detonar el desarrollo en las zonas más marginadas de nuestro país, así como el de las grandes zonas metropolitanas y a su vez podamos contrastar con la estimación de Desempeño Institucional y Económico en las Regiones de México de Banco de México (2020) donde presenta los principales avances y retrocesos registrados por cada entidad federativa en diversos ramos de la participación ciudadana, entre ellos las variables de calidad gubernamental. Dentro de los que destaca:

- Las notables mejoras en el ámbito de desempeño institucional que muestran la mayoría de los estados del centro de México
- Los estados del Norte y Bajío de México cuentan con capacidad de infraestructura instalada e industrial, principalmente de manufactura, que repercute en la calidad de gobierno.
- Además, en la región sur existe el mayor rezago, principalmente en los servicios públicos de agua y drenaje, y su influencia en la calificación de calidad de gobierno.

La información obtenida en Consejo Nacional de la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) acerca de la pobreza y los salarios será contrastable mediante la correlación entre infraestructura, pobreza y desigualdad (Banxico, 2020) donde se presentan los mayores niveles en la región sureste y los mayores avances en el centro norte de México. Será importante comparar los resultados obtenidos con el índice de calidad de las instituciones donde Banco de México (2020) señala que hasta el 2018 la región centro Norte del país es la mejor evaluada en este aspecto superando el promedio nacional.

Objetivo.

Analizar la calidad gubernamental teniendo como base el índice de Calidad Gubernamental (QoG) para la Unión Europea, midiendo las principales variables que evalúa el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) sobre impacto gubernamental, para así sugerir algunas áreas de oportunidad que tiene el estado mexicano para ser más eficiente y aumentar el potencial económico de México, además de contrastarlo con el Índice de Desarrollo Democrático de México que elaboró Fundación Konrad Adenauer et al y que presentó Banco de México (2020).

Metodología.

Para la realización de un análisis profundo pero que permita fácilmente procesar la información, se dividieron las entidades federativas en cuartiles estadísticos, cada uno contiene igual número de datos y comparten entre ellos características económicas quedando de la siguiente manera

Cuadro 1. México. Estados según Calidad de Gobierno, 2013

Cuartil 1: Tlaxcala (Tlax), Oaxaca (Oax), México (Mex), Chiapas (Chis), Michoacán (Mich), Puebla (Pue), Morelos (Mor), Ciudad de México (CDMX)
Cuartil 2: Jalisco (Jal), Campeche (Cam), San Luis Potosí (SLP), Guerrero (Gro), Guanajuato (Gto), Quintana Roo (Qroo), Veracruz (Ver), Tabasco (Tab).
Cuartil 3: Chihuahua (Chih), Aguascalientes (Ags), Yucatán (Yuc), Tamaulipas (Tams), Hidalgo (Hgo), Querétaro (Qro), Sonora (Son) y Zacatecas (Zac).
Cuartil 4: Colima (Col), Nuevo León (NL), Sinaloa (Sin), Durango (Dgo), Baja California (BC), Coahuila (Coah), Baja California Sur (BCS), Nayarit (Nay).

Nota. Las abreviaturas entre paréntesis se usan en la Gráfica 1. Fuente: Elaboración propia según índice propio de Calidad de Gobierno, con datos de ENCIG 2013, INEGI.

La información obtenida nos permitirá observar la diferencia entre regiones. Las variables estudiadas fueron: El indicador Trimestral de la Actividad Económica (ITAEE) que es un índice desestacionalizado con base en el año 2013=100, el cual anticipa la evolución del Producto Interno Bruto. La pobreza laboral está definida como el porcentaje

de personas con un ingreso laboral inferior al costo de la canasta básica (CONEVAL, 2019). A través de la estadística presente en la ENCIG se busca obtener la variable explicativa *X* para poder cotejarla más adelante con la información que brinda CONEVAL y obtener de ella la variable explicada que en nuestra nomenclatura será *Y*.

Las fuentes de información fueron cuatro: (1) El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática a través de su Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental de donde se obtiene en general todas las variables de estudio, especialmente las de percepción de la corrupción en distintas áreas del gobierno; policías, instituciones educativas, institutos electorales y hospitales; (2) el Consejo Nacional de la Política de Desarrollo Social de donde se obtuvo la información necesaria para evaluar la pobreza, el salario, el índice ITAEE y el ingreso, (3) El modelo Quality of Gobernarment (Charrón, et al, 2019) para la Unión Europea a fin de obtener las variables necesarias para replicar el modelo en el caso mexicano y (4) el índice de Desempeño Institucional y económico en las regiones de México que presenta Banco de México 2020

Resultados.

Una vez construido un modelo de calidad gubernamental para el contexto mexicano en base a las variables disponibles que se evalúan en nuestro país, para obtener los siguientes resultados. A partir de la información donde se discute el tema como calidad de gobierno es preciso que en el caso mexicano sea utilizado el término del Percepción de la Calidad Gubernamental dado que nuestra investigación se basa en los resultados de la ENCIG donde se pregunta a los ciudadanos las percepciones de corrupción en su estado.

A pesar de que el concepto de calidad es difícil por generar polémica al no ser una unidad de medida, es un término apropiado para el tema que se aborda, dado que nos referimos a calidad cuando hablamos de lo que el cliente espera de quien le provee, en este caso los ciudadanos reciben de los gobiernos. Un gobierno de calidad será sin duda aquel que los ciudadanos respalden.

Para construir el índice tomamos como base el modelo europeo. Sin embargo, es necesario invertir las escalas para medir la calidad gubernamental. Para el caso de la corrupción usaremos la siguiente lógica: Más corrupción = Mal gobierno. Al invertir la escala de corrupción, se puede interpretar en sentido positivo: A menor corrupción = Más calidad de gobierno.

Para combinar las variables de un índice o pilar debe verificarse si tienen correlación, o consistencia interna, a través del cálculo del alfa Cronbach. Dado lo anterior, tenemos cuatro índices, el segundo que pertenece a experiencia de corrupción tiene dos variables, el resultado de promediar dichas variables no genera un resultado alto. Por lo tanto, el índice de calidad de gobierno solo tendrá tres pilares.

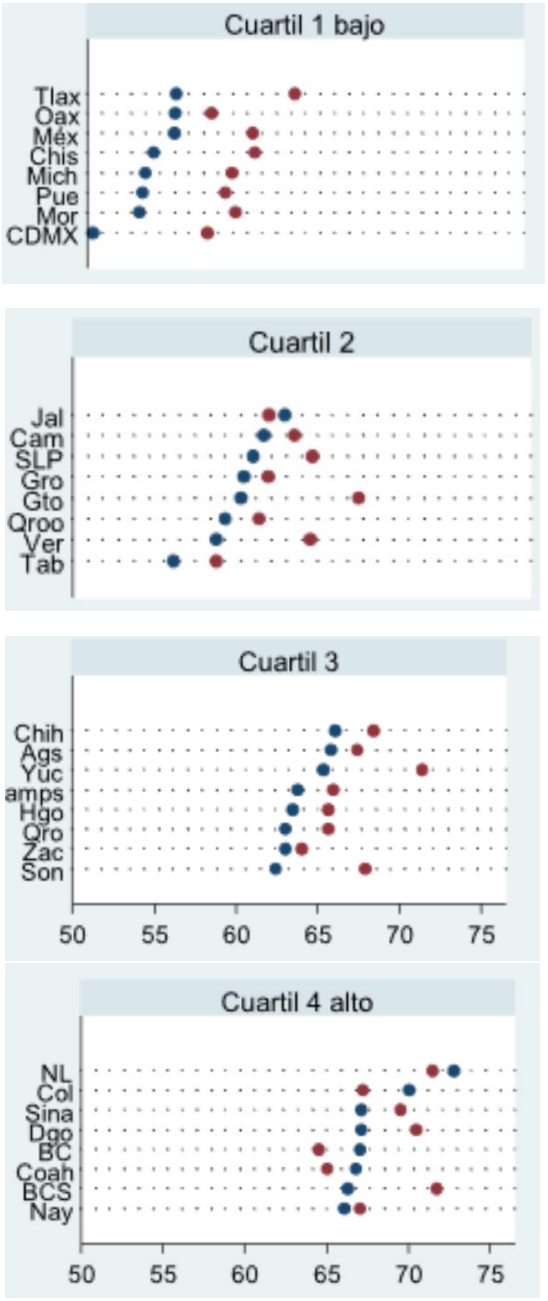
Por año el alfa de Cronbach del componente *Percepción de la corrupción* en el año 2013 fue de 0.39 y en el 2019 fue de 0.63. Esta información fue añadida al componente de experiencia de corrupción a través de un promedio simple, lo cual es la manera más sencilla de agregar una cifra.

En tanto, el alfa de Cronbach, tanto en 2013 como 2019 fue de 0.8 es decir fue bueno. Para la obtención de este resultado fueron utilizadas las siguientes variables: No experiencia de haber escuchado actos de corrupción; No haber experimentado actos de corrupción; No corrupción (muy frecuente) en la entidad federativa en una escala de 100%; No corrupción en policías; No corrupción en hospitales; No corrupción en educación básica; No corrupción en institutos electorales.

Complementariamente, en la ENCIG 2019 se encontró que el 48%, es decir, cerca de la mitad de los usuarios de servicios públicos enfrentaron algún tipo de problema al realizar sus trámites. De esos problemas, 85% fueron barreras al trámite, dentro de las cuales se incluyen largas filas, requisitos excesivos, el que lo pasaran de una ventanilla a otra o

el que tuviera que ir a lugares distintos, ocasionando que el ciudadano evalúe mal a las instituciones gubernamentales.

Gráfica 1. Estados por cuartiles Calidad Gubernamental



Nota. Los puntos señalados de color azul corresponden al periodo 2013 y los puntos de color al 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de ENCIG-INEGI (2013 y 2019).

El tercer componente evaluado fue *Imparcialidad*, en el modelo mexicano corresponde a *Confianza en las instituciones*, para este rubro la ENCIG otorga información del periodo 2017 y 2019, la variable es medida en una escala de 0 a 100 según la confianza que los adultos tienen en las siguientes instituciones gubernamentales: Universidades públicas, Escuelas públicas de nivel básico, Hospitales públicos, Medios de comunicación, institutos electorales y policías. El alfa de Cronbach en 2017 y 2019 es cercano a 0.88, es decir, muy alto.

El último pilar que evalúa nuestro modelo es la calidad gubernamental, mide el grado de satisfacción de las personas usuarias de Educación pública básica, Educación pública universitaria, Salud estatal y Policía. El alfa de Cronbach en 2013 fue 0.79 y en 2019 de 0.87.

Una vez teniendo los tres componentes: Calidad, Confiabilidad y No corrupción, el siguiente paso fue la construcción del Índice de Percepción de la Calidad de Gobierno, el cual es un promedio simple de los tres componentes.

Cuadro 2. Indicador Trimestral de la actividad económica estatal.

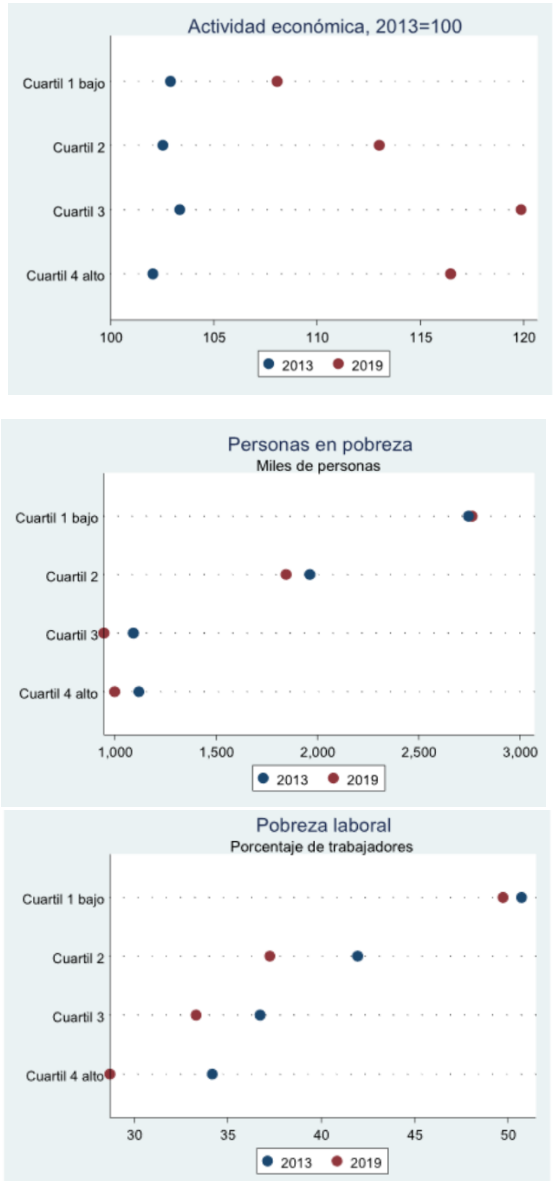
	ITAEE		
	2014	2018	TCMA
Cuartil 1 bajo	102.9	108.1	1.2%
Cuartil 2	102.5	113.0	2.5%
Cuartil 3	103.4	119.9	3.8%
Cuartil 4 alto	102.1	116.5	3.4%
Total	102.7	114.4	2.7%

Nota. TCMA = Tasa de Crecimiento promedio anual. Fuente: Elaboración Propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México, INEGI (2014 y 2018).

Para su cálculo se utilizaron cuartiles, cada uno con ocho entidades federativas, agrupadas según la variable *Percepción de calidad de gobierno en el 2013* para a partir de ello comparar nuestros resultados con el índice de Desarrollo Democrático de México para el año 2020, el cual presenta los informes

por región y por estado. En esta investigación se trabajan dos datos en el tiempo -2013 y 2019- mientras que Banxico (2020) trabaja sólo con 2019.

Gráfico 2. Actividad económica por cuartiles.



Fuente: Elaboración Propia con datos de INEGI y CONEVAL.

En el Cuartil uno los puntos son bajos respecto al 2, 3 y 4 se van desplazando a la derecha. Los cuartiles 1, 2 y 3 en general tienen datos superiores en el año 2019 que, en el 2013, esto a diferencia del cuartil número 4 donde solo algunos estados aumentaron su percepción en la calidad de gobierno. Posteriormente se evalúa la pobreza, la pobreza laboral, la actividad económica y el índice Trimestral de la Actividad economía.

Los cuartiles 1 y 2 son los que tienen mayor nivel o porcentaje de pobreza, en general la pobreza en el 2019 es menor a la del año 2013. En los cuartiles 1 y 2, los que tienen menor percepción de calidad de gobierno, es en donde se observa el menor crecimiento, esto es, la distancia entre 2013 y 2019. En los cuartiles altos 3 y 4 hay mayor crecimiento que en los cuartiles inferiores, destacando Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur como los estados que mejor evaluados se encuentras en los últimos años. Sin embargo, no es una relación directa (monotónica), esto es, más percepción de calidad de gobierno igual a más crecimiento, menor pobreza y una mayor calidad de vida para los ciudadanos.

Discusión y conclusiones.

La falta de calidad de los gobiernos locales puede tener repercusiones en el ámbito económico, por ello es preciso el estudio de estos temas que permiten a las autoridades gubernamentales conocer las áreas donde pueden mejorar.

Hablamos de calidad gubernamental cuando hacemos referencia a la capacidad del gobierno para sostener e incrementar el bienestar de la población, ayudándose del diseño, implementación y evaluación de políticas públicas imparciales y efectivas libres de corrupción.

Es importante decir que el alfa de Cronbach que mide la consistencia interna fue alto, con un valor de 0.8 tanto en 2013 como en 2019. Al segmentar en cuartiles como estrategia para procesar la información se tuvieron resultados predecibles, la mayoría de los estados, no todos, han aumentado su calidad de gobierno, en general en todo el país y la pobreza ha disminuido, y podemos concluir en que la actividad económica no depende solo de la variable de calidad gubernamental sino también de la especialización de los estados en diversas actividades económicas, como

el turismo y la actividad industrial además de la infraestructura requerida para la colocación de empresas.

Al comparar nuestros resultados con el índice de Desarrollo Democrático de México (Banco de México, 2020) podemos darnos cuenta de que en efecto la mayoría de los estados anualmente mejoran su calidad institucional, teniendo los primeros lugares aquellos donde existen altos niveles de industria, inversión y se especializan en diversas áreas de la actividad económica. Al comparar el estudio con el informe de Banxico podemos notar como los resultados presentados coinciden con los nuestros donde los niveles altos de desarrollo económico están la región norte de México, las zonas metropolitanas y el Bajío.

En cambio, los estados del sureste son los más atrasados en cuestión de desarrollo, tienen los índices más altos de pobreza, los salarios más bajos y los más altos índices en percepción de la corrupción. Sin embargo, es válido rescatar que tienen avances comparados con el 2013. La Ciudad de México fue la única que disminuyó su puntuación en el índice de democratización de Banxico.

Se ha documentado en la literatura una relación positiva y estadísticamente significativa entre la infraestructura y el crecimiento económico, ya que una mayor disponibilidad de infraestructura contribuye a aumentar la productividad total de los factores y el crecimiento económico.

Johnston (2005) sostiene que el control de la corrupción requiere de un conocimiento detallado de los incentivos y limitaciones de funcionarios o de la ciudadanía, es decir, es necesario saber cuáles fueron las motivaciones personales de ambos actores que participan en un cohecho. Por esta razón, en vez de intentar medir la corrupción de forma directa, sería conveniente realizar la medición a través de incentivos y efectos.

Por lo que es muy importante continuar la investigación de estos temas importantes para la planeación de las políticas públicas y planes de desarrollo, se podría esperar que el estudio de este tema conduzca a los gobiernos a la buena toma de decisiones que propicien el crecimiento y el desarrollo económicos, el buen gobierno, la trasparencia y la rendición de cuentas. En mayo de 2022 podremos conocer el avance en la percepción de la corrupción, ya que INEGI publicará la nueva edición de la ENCIG. Además, podremos identificar qué efecto tuvo la pandemia de Covid-19 en los indicadores.

Agradecimientos.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por la oportunidad de participar en el XXIII Verano de Introducción a la Ciencia 2021 y en el 9º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Querétaro, a nuestro investigador anfitrión por el apoyo recibido durante el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía.

Banco de México. (2021). Reporte sobre las economías regionales. Banxico. México

Banco de México (2020). Desempeño Institucional y económico en las regiones de México. En reporte sobre las Economías Regionales Abril-junio 2018 pp. 5-7, México

Barbero, J., Giovanni Mandras, Ernesto Rodríguez-Crespo, Andrés Rodríguez-Pose. (2021) Quality of government and regional trade: evidence from European Union regions. *Regional Studies* 55:7, 1240-1251

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2019). Evolución de la pobreza y pobreza extrema nacional y en entidades federativas [Datos] Coneval. México

Charron, N, Lapuente, V, Annoni, P. Measuring quality of government in EU regions across space and time. *Pap Reg Sci*. 2019; 98: 1925–1953. https://doi.org/10.1111/pirs.12437

Fundación Konrad Adenauer, Polilat, CEPOS y USEM. (2020). ÍNDICE DE DESARROLLO DEMOCRÁTICO DE MÉXICO. 12/10/2021, de Fundación Konrad Adenauer Recuperado de: https://www.ieepco.org.mx/archivos/documentos/2021/IDDMEX2020.pdf

Kato Vidal, E. (2021). La gobernanza de un México más metropolitano. Sistema de Información Ciudadana. Disponible en https://sicmx.org/2021/05/11/la-gobernanza-de-un-mexico-mas-metropolitano/

Instituto Nacional de Estadística, Geografía –INEGI-. (2019). Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental [Datos]. Inegi. México. Disponible en https://www.inegi.org.mx/programas/encig/

Jhonston, M., “Es posible medir la corrupción, ¿pero podemos medir la reforma?”, Revista Mexicana de Sociología, núm. 2 (2005) http://www.revistas.unam.mx/index.php/rms/article/view/6023 (Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021).

La Cultura Política, un tema pendiente

Autor: Juan Francisco Silva Cruz estudiante de la Universidad Autónoma de Querétaro. Correo jsilva26@alumnos.uaq.mx

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo analizar y comparar los factores que inciden en la Cultura Política de las y los jóvenes estudiantes de dos de las Universidades más importantes del Estado de Querétaro. Para alcanzar el dicho propósito, se utilizó un enfoque cuantitativo y cualitativo, mediante las técnicas de encuesta y de grupos triangulares. A partir de dichos instrumentos se recopilaron los datos que permiten ofrecer un panorama sobre las prácticas, actitudes, percepciones y valoración de la democracia y sus instituciones. Además, se presenta una nueva tipología de Cultura Política por parte del autor llamado "índice JF", construido mediante indicadores por cada dimensión analizada de la Cultura Política mediante los resultados de la encuesta; con ello se pretende diversificar la tipología expuesta por Almond y Verba en los años 60´s y observar una concepción más detallada de la Cultura Política. Por otra parte, sumándose a las nuevas propuestas del campo de estudio de las ciencias sociales, se utiliza la técnica de grupos triangulares para extraer de parte del discurso y las interpretaciones del sistema político. Finalmente, los resultados muestran una ligera diferencia entre las dos poblaciones de estudiantes que se estudiaron, por lo que se formulan nuevas interrogantes acera del estudio de la Cultura Política, en el segmento de la población de jóvenes y aumentar las observaciones a otros sectores de la población, con la finalidad de contribuir a las explicaciones de cómo fortalecer las instituciones democráticas.

Abstract:

The next investigation aims to analyze and compare the factors that affect the political culture of young students from two of the most important Universities in Querétaro State. To achieve this purpose, a quantitative and qualitative approach was used, using survey techniques and triangular groups. Based on these instruments, data were collected which allow us to offer an overview of the practices, attitudes, perceptions and validation of democracy and its institutions. In addition, a new typology of political culture is presented by the author called "JF index", built by a measures of indicators for each dimension analyzed of political culture through the results of the survey; This is to diversify the typology exposed by Almond and Verba in the 60's and observe a more detailed conception of Political Culture. On the other hand, adding the new proposals in the field of study of social sciences, the technique of triangular groups is used to extract part of the discourse and interpretations of the political system. Finally, the results show a slight difference between the two populations of students that were studied, which is why new questions are formulated about the study of political culture, in the segment of the youth population and increase the observations to other sectors of the population in order to contribute to explanations of how to strengthen democratic institutions**.**

Palabras clave: Cultura, Política, Democracia, Participación e Identidad

Key words: Culture, Polity, Democracy, Participation and Identity

Introducción

La Cultura Política es un tema que se ha revisado y estudiado de distintas formas, desde distintos enfoques, teorías y métodos variados. Es necesario precisar que, en el estudio de la Cultura Política, "el rasgo que define la interpretación es un concepto de cultura política como significado de la vida política, o el aspecto significativo de la política" (Welch, 1993:5). La investigación de la cultura política consiste en "averiguar la estructura histórica de los depósitos de sentidos para ir descodificando los códigos intersubjetivos relevantes en nuestra sociedad bajo estudio" (Heras Gómez, 2002: 287).

No obstante la especificación y articulación en el estudio de los jóvenes muestra una faceta y ventana de oportunidad, a razón de delimitar el campo de estudio, se optó por estudiar solamente a los jóvenes estudiantes, ya que expandir la población sería riesgoso debido al tamaño de la población objetivo y por los recursos materiales, humanos y financieros con los que se contó. Agregando que los jóvenes son quienes están formando la nueva clase política, los nuevos protagonistas del campo político, es imperativo estudiar su comportamiento y prácticas.

El principal objetivo de la presente investigación es analizar y comparar los factores que inciden la cultura política de la población estudiantil de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) de los campus en Querétaro y la población estudiantil del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Querétaro, conforme a datos obtenidos mediante las técnicas a utilizar por medio de un índice elaborado con base en las dimensiones y clasificación establecidas por Almond y Verba (2001) y mediante una tipología de cultura política propuesta por el autor para ampliar la mirada en el estudio de la cultura política como un fenómeno social.

Entre ese objetivo general se disgregan otros objetivos secundarios en torno a las dimensiones de la Cultura Política en los jóvenes universitarios, como el grado de información política, participación, confianza en las instituciones; así como identificar preferencias partidistas y el papel que juegan los medios de comunicación en la formación de la Cultura Política.

Resaltando que América Latina es la región del mundo más desconfiada de su sistema político y por segundo año consecutivo se tiene un mínimo histórico de confianza interpersonal (Latinobarómetro, 2018).. Aunado a instituciones que detienen el avance democrático (Morlino, 2019), un crecimiento de actitudes autoritarias en jóvenes (Mounk, 2018). Aunque según el informe *The Democracy Index (The Economist Intelligence Unit*, 2019), menciona que la participación ha ido en aumento, en especial por parte de las mujeres, pero esta participación es para exigir demandas no cumplidas por la democracia.

Ante la importancia por parte de este tema, es que se plasma esta problemática; al ser las y los jóvenes los nuevos protagonistas de este andamiaje político, es que surge la relevancia de analizar ¿A qué tipo de régimen político apoyan? ¿Qué tipo de Cultura Política tenemos? Y si están conformes con la democracia y como es su interacción con el sistema político. Esto sumado a los resultados para generar un parámetro de la actualidad sobre la cultura política en los jóvenes universitarios.

Metodología.

En razón con los objetivos del trabajo de investigación en la cultura política de los jóvenes, y la problemática planteada, se concreta en una investigación descriptiva, explicativa, comparativa, de campo no experimental, un tipo de investigación aplicada que tiene como fin principal resolver un problema en un período de tiempo corto (Chávez, 2007). La metodología utilizada en la investigación fue de carácter cuantitativo y cualitativo. Conforme al método cuantitativo se aplicó una encuesta basada en un cuestionario, producto de una combinación del cuestionario de la ENCUP[1] del 2012, del latinobarómetro, y agregando preguntas concisas para lograr los objetivos planteados. Se generó un diseño muestral construido de manera proporcional conforme a las y los alumnos que integran las dos instituciones, acorde a sus carreras, facultades y género. Cada institución tuvo un peso muestral proporcional y equitativo acorde a la matrícula, esto para no tener un sesgo o una disparidad en las estadísticas finales. Se comprende a la cultura política como un conjunto de diferentes dimensiones, la cognitiva, la afectiva y la evaluativa; en las cuales se integran las actitudes, la ideología, las valoraciones y percepciones que fabrican los ciudadanos del sistema político, así como de sus componentes como son las instituciones (Silva, 2021:36).

[1] Encuesta Nacional sobre Cultura Política y Prácticas Ciudadanas

Componentes de la Cultura Política

Variable dependiente: Cultura política			
Dimensiones	**Cognitiva**	**Afectiva**	**Evaluativa**
Variables independientes	Medios de información sobre política Conocimiento de lo político	Que satisfacción tienen con el sistema político Confianza en las instituciones	Como perciben y califican al sistema político Como consideran la eficacia y legitimidad del sistema político
Objetivo	Conocer qué tanto saben y dónde se informan los jóvenes sobre política	Identificar los sentimientos y consideraciones frente al sistema político y sus componentes	El grado de calidad que tienen sobre su sistema político y su aplicación.

Fuente: elaboración propia

Cada dimensión se basó en ciertos apartados del cuestionario para construir indicadores respectivos y así formar el índice final para poder generar la nueva tipología de Cultura Política. Cada dimensión arrojó un resultado que fue una etiqueta de alta o baja, y con base en las combinaciones de dichas dimensiones, se clasificaron sus resultados en un tipo Cultura Política específica.

Tipología de Cultura política con el Índice JF

Cognitiva	Afectiva	Evaluativa	Tipo
Alta	Alta	Alta	Cultura Cívica
Alta	Alta	Baja	Cultura Democrática Crítica
Alta	Baja	Alta	Cultura Democrática Desafectiva
Baja	Alta	Alta	Cultura de colaboración política
Alta	Baja	Baja	Cultura de Indolencia o Espectadora
Baja	Alta	Baja	Cultura de Sujeción o Dependencia
Baja	Baja	Alta	Cultura Enajenada
Baja	Baja	Baja	Cultura Autoritaria

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la investigación cualitativa se enfocó en comprender los fenómenos, estudiándolos desde la perspectiva de los sujetos en un ambiente natural y en correspondencia con su contexto (Hernández et al., 2010), no todo se puede aspirar a medir con datos numéricos sobre opiniones valorativas, sino que se complementan con interpretaciones de los elementos significativos y referenciales de los individuos y de sus grupos determinados.

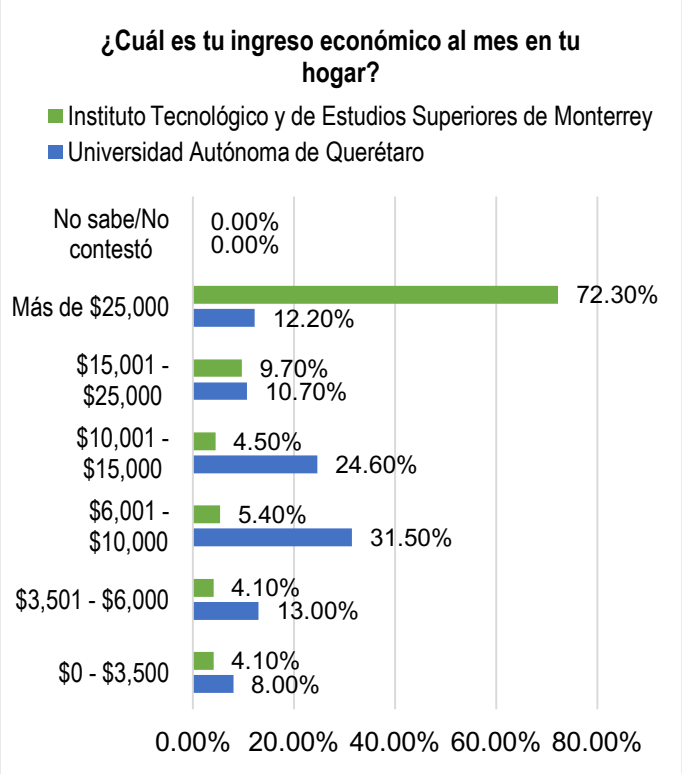
Para el método cualitativo se utilizó la técnica de los grupos triangulares, una técnica innovadora que se instruye como dinámica grupal más interactiva y fluida, que posibilita explorar la génesis y producción discursiva propiciando la emergente edificación de un discurso más próximo a su referente próximo (Ruíz, 2012). Los grupos triangulares muestran una manera de producir los discursos desde una tensión entre los "yos" interiores como individuos que hablan y un "los otros" externo al grupo como individuo de la acción o situación (Conde, 2008). Además, "los grupos triangulares se manifiestan como un dispositivo pertinente para avanzar en el campo de la investigación ya que posibilitan la articulación de los discursos peculiares, su contrastación y debate" (Roldán García, 1998, p. 141);.

Se formaron tres grupos triangulares, el primero de puros alumnos de la UAQ, el segundo por alumnos del ITESM, el tercero fue un grupo mixto entre las dos instituciones; cada grupo con su cuota respectiva de género. Se grabaron las sesiones por medio de la plataforma ZOOM debido a la Pandemia actual

Covid-19 y se transcribió lo mencionado. Asimismo, el propio autor del trabajo fue el que moderó las sesiones de manera flexible y abierta, estableció preguntas y postualdos relacionados con las dimensiones de la Cultura Política para analizar el discurso de los participantes.

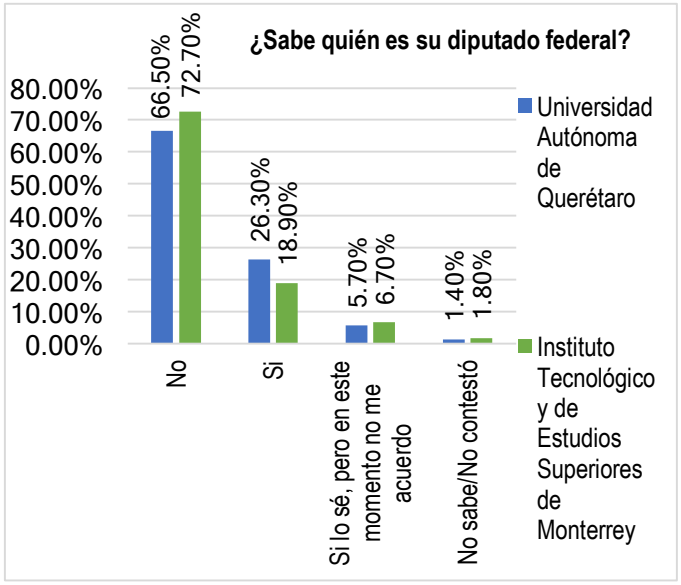
Resultados.

De todo el cúmulo de resultados ya sean cuantitativos o cualitativos de la investigación, resaltan los que a continuación se presentan. A menor ingreso económico, menor interés y apoyo a la democracia, ya que las y los estudiantes de mayor ingreso económico están ubicados en el índice de cultura política cívica, con una tendencia mayor entre estudiantes del ITESM, aseverando que esto es una coincidencia estadística no determinante, ya que la evaluación de la democracia fue casi similar.

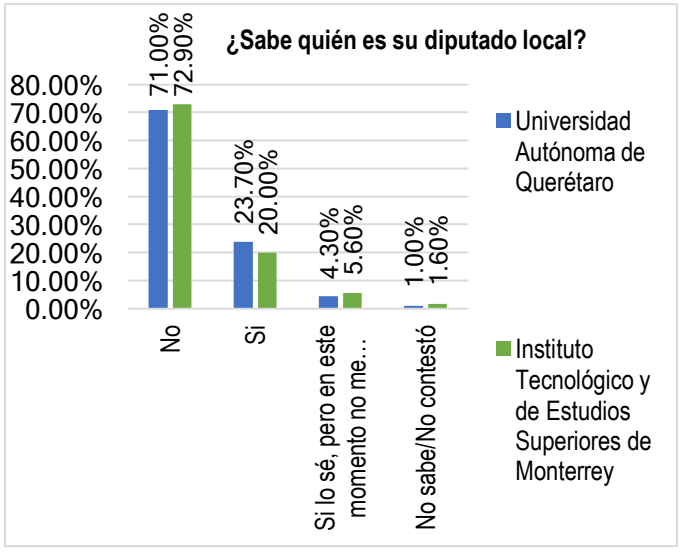


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

Uno de los hallazgos más desalentadores es el casi nulo conocimiento sobre lo político, y sobre sus representantes, en términos generales, apenas una cuarta parte del alumnado identificó a sus representantes.

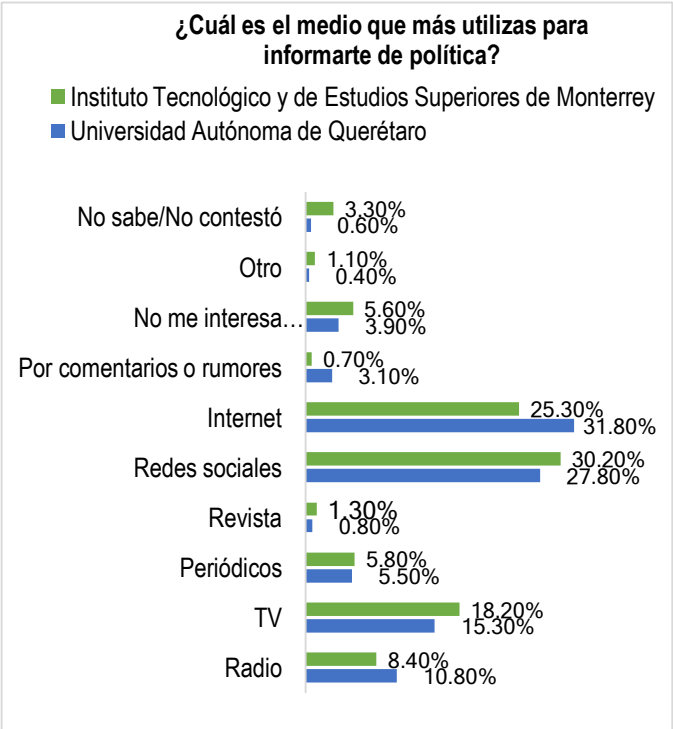


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020



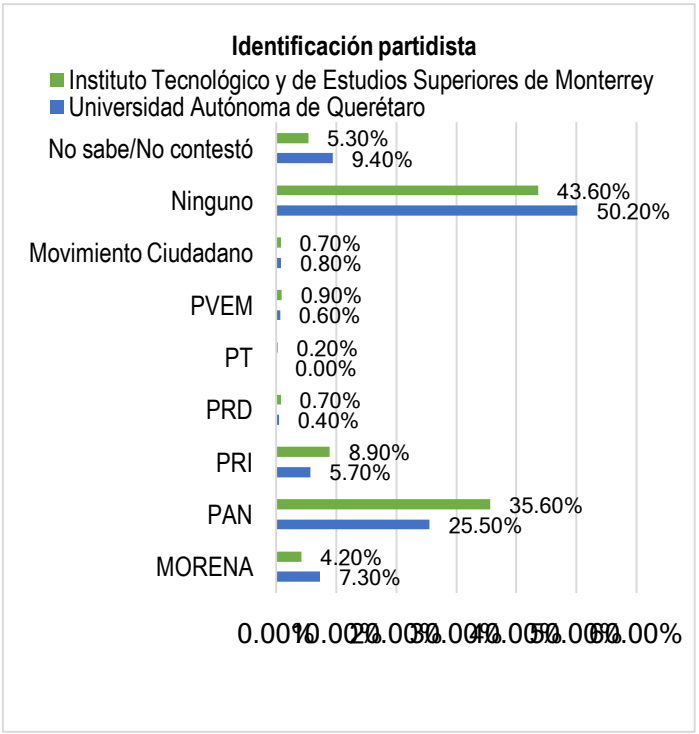
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

Siguiendo con los resultados, los alumnos se informan de cierta manera de política en algunos casos, pocos lo hacen por medio de periódicos, radio o televisión; pero las redes sociales son el medio más importante, debido a que influye de manera relevante en la información política disponible y de fácil acceso. La aplicación más utilizada para informarse de política es *FACEBOOK*.



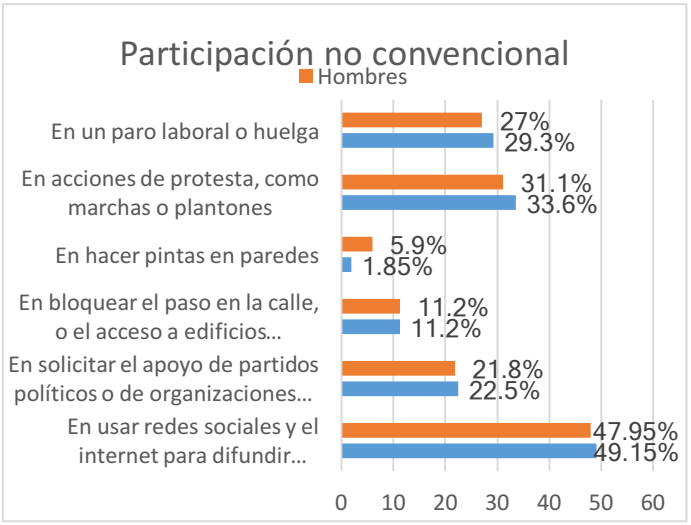
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

La mayoría de las y los jóvenes no se identifican con ningún partido político, aunque el PAN es el partido con el que más se identifican, pero resaltando el casi nulo vínculo entre las y los jóvenes con los partidos políticos y sus plataformas.



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

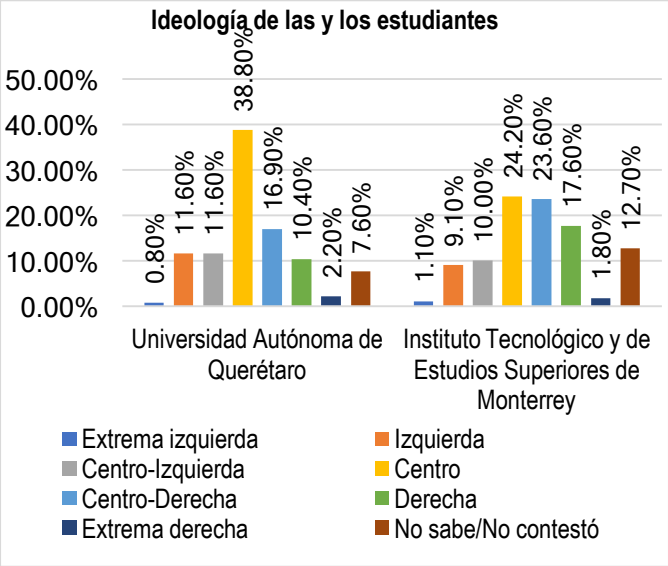
A destacar es la participación de los jóvenes en distintas organizaciones y grupos, particularmente subrayar el papel de las mujeres, siendo ellas las que más participan en grupos e integran organizaciones con un fin en común, y de igual manera son ellas quienes llevan la batuta en la participación política no convencional.



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

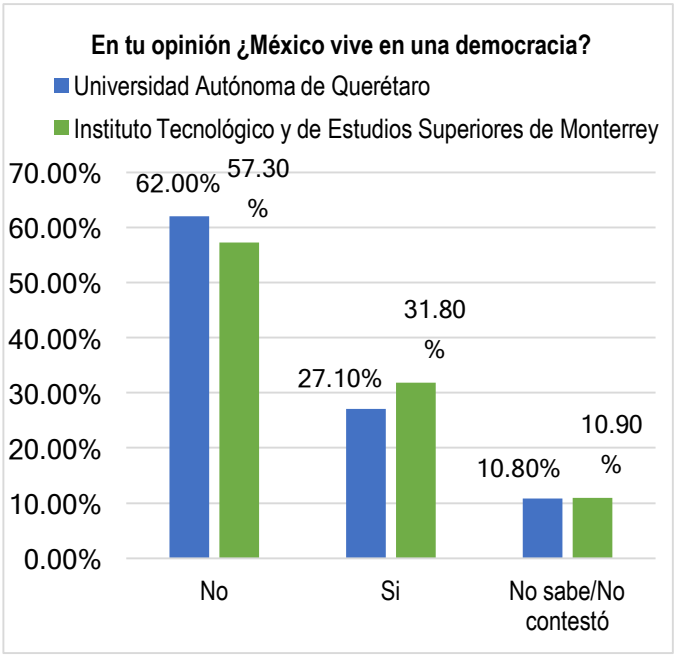
Esta investigación confirma, lo que ya se plasmaba en estudios previos, la baja aprobación de los partidos políticos, la cual no es distinta entre las y los jóvenes universitarios; de hecho, son la institución política peor evaluada.

La mayoría de las y los jóvenes se auto ubican (porque tal vez no tengan muy claro a que se refieren cuando se ubican de derecha o de izquierda) en el centro del espectro ideológico. No obstante, entre géneros es distinta la tendencia, los hombres de ambas instituciones tienden más hacia la derecha a diferencia de las mujeres, quienes se ubican con una tendencia más cercana a la izquierda (Silva, 2021:151).



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

Un dato devastador es que la mayoría de los jóvenes piensa que México no vive en una democracia (Silva, 2021:174), son más los alumnos del ITESM que de la UAQ que considera que México vive en una democracia.



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

Un dato devastador es que la mayoría de los jóvenes piensa que México no vive en una democracia (Silva, 2021:174), son más los alumnos del ITESM que de la UAQ que considera que México vive en una democracia.

En la UAQ, en la institución que más confían es la universidad pública mientras que en el ITESM es en la universidad privada, en la UAQ tienen al ejército como la cuarta institución con mejor confianza, mientras en el ITESM es la quinta. De igual manera las instituciones político-democráticas son de las peores evaluadas, siendo de nueva cuenta, los partidos políticos la peor evaluada en las dos instituciones.

CONFIANZA DE LOS ESTUDIANTES EN LAS INSTITUCIONES ENTRE UNIVERSIDADES[2]

Confianza de los alumnos de la UAQ en las instituciones				Confianza de los alumnos del ITESM en las instituciones		
#	Institución	M[3]		#	Institución	M

[2] Las casillas sombreadas son las instituciones político-democráticas

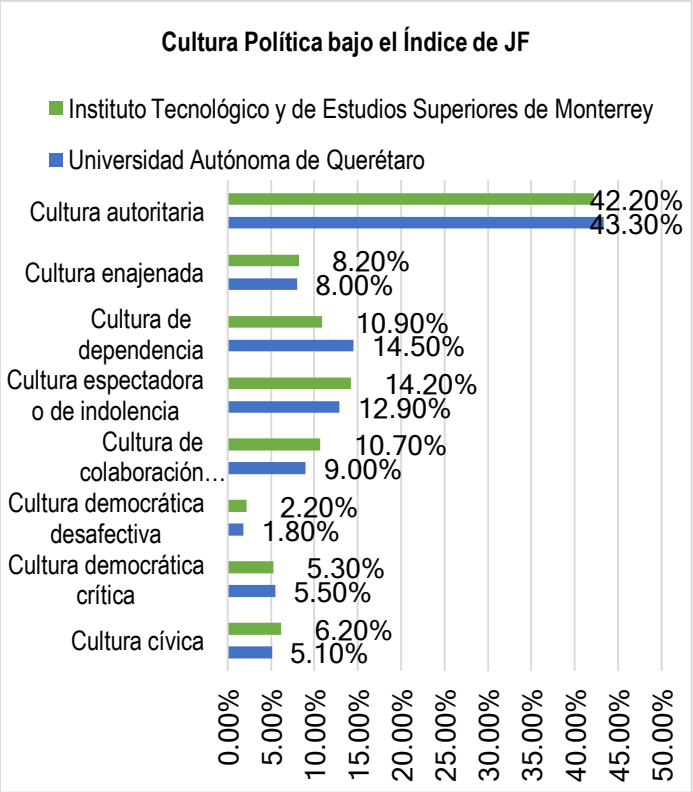
[3] M= Promedio o media, con una escala del 0 al 5

1	Universidades públicas	3.54
2	Universidades privadas	3.06
3	Empresas privadas	3
4	El ejército	2.8
5	Bancos	2.76
6	Poder Judicial	2.55
7	El Instituto Nacional Electoral	2.49
8	Presidentes municipales	2.29
9	La policía	2.28
10	Gobernadore	2.27
11	Poder Legislativo (Senadores, Diputados Federales)	2.21
12	Diputados locales	2.2
13	Presidente de la república	2.09
14	La Iglesia	1.95
15	Partidos políticos	1.81

1	Universidades privadas	3.42
2	Universidades públicas	3.22
3	Empresas privadas	3.17
4	Bancos	2.82
5	El ejército	2.7
6	Poder Judicial	2.59
7	El Instituto Nacional Electoral	2.51
8	Gobernadores	2.4
9	Presidentes municipales	2.32
10	La policía	2.24
11	La Iglesia	2.22
12	Poder Legislativo (Senadores, Diputados Federales)	2.2
13	Diputados locales	2.2
14	Presidente de la República	1.91
15	Partidos políticos	1.84

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

En las dos universidades cambian un poco el orden de jerarquía de las culturas políticas, pero la cultura autoritaria es la más predominante entre las dos universidades con un 43.3% para la UAQ y un 42.2% del ITESM y solamente el 5.1% de la UAQ y el 6.2% de alumnos del ITESM tienen una cultura cívica.



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta Cultura política en universitarios 2019-2020

A partir de los datos cualitativos de la investigación bajo el análisis de discurso de los grupos triangulares, se pudo comprender mejor los resultados de la encuesta, además de identificar rasgos o elementos importantes que en los métodos cuantitativos son de nulo avistamiento. Los principales hallazgos de cada grupo triangular son los siguientes fragmentos:

"Realmente no entendemos que es una democracia, pareciera que sólo por ir a votar y si cumplen hubo democracia y si no me cumples no hubo democracia" Grupo triangular de la UAQ.

"No es como antes en México, siento que si se está fortaleciendo la democracia en México" (Grupo triangular del ITESM)

"No nos gusta la política, pero también nos gustaría cambiarla de esta manera". Grupo triangular del ITESM-UAQ)

Bajo estos resultados en el análisis de discurso, se recogió principalmente sobre cómo aprecian la democracia, su identificación partidaria pero lo esencial de esta técnica fue la conclusión de un malestar general y desesperanza por la democracia.

Discusión y Conclusiones.

Con este trabajo de investigación se dio cuenta que aproximarse a la Cultura Política es complicado, desde las condiciones materiales que se disponen para un estudiante ampliar la muestra de la población de jóvenes. No obstante, la aproximación que se ha realizado a la población universitaria, abona a un mejor entendimiento de nuestra sociedad y realidad. En este sentido, el trabajo abre muchas oportunidades para indagar en futuros trabajos, en particular en temas como la participación no convencional y convencional en torno a movimientos actuales (feministas, cambio climático, legalización de drogas), o el actuar de los partidos políticos en los jóvenes; y quizás más importante, si estamos ante una regresión democrática, es decir, si las y los jóvenes realmente apoyan un autoritarismo.

A partir, de los resultados del índice JF se ofrecen datos para indicar que la gran mayoría de las y los jóvenes estudiantes de las instituciones de estudio tienen prácticas y actitudes autoritarias. Lo que lleva a cuestionar la baja valoración de la democracia ante la ausencia de una experiencia contrafactual como lo es vivir bajo una dictadura (militar). Las nuevas generaciones apenas comienzan a experimentar los resultados de una democracia procedimental, en la cual llevamos apenas 21 años. Desde el momento del proceso de transición a la consolidación democrática; se necesitan distintos ajustes de nuestras instituciones democráticas para poder afianzar una cultura cívica y fortalecer nuestros derechos políticos que son la base de la ciudadanía.

Por otra parte, entre las nuevas preguntas que emergen a partir de la presente investigación se encuentran las siguientes: ¿Los partidos políticos pervierten o fomentan la democracia? ¿Es distinta la cultura política entre las y los jóvenes que estudian y los que no? ¿La confianza de las y los jóvenes en organizaciones barriales o comunitarias es distinta a las instituciones político-democráticas? ¿Qué instituciones y bajo qué procesos se forman los valores políticos desde temprana edad? ¿Cuál es el efecto del crecimiento demográfico en la entidad en la cultura política? Estas y otras preguntas quedan pendientes para próximos estudios, esperando ser atendidas. El país reclama democracia, la crisis ha habilitado la capacidad material del sistema para cooptar o reprimir esta demanda, la responsabilidad de fortalecer nuestra joven democracia no solo es de quienes dirigen las instituciones, sino de la sociedad en su conjunto.

Referencias bibliográficas.

Almond, G., & Verba, S. (2001). La cultura política (Diez textos básicos de ciencia política ed.). (A. Battle, Ed.) Madrid: Ariel.

Chávez, N. (2007). Introducción a la Investigación Educativa. Maracaibo: La columna.

Conde, F. (2008). Los grupos triangulares como «espacios transicionales» para la producción discursiva: un estudio sobre la vivienda en Huelva. En Á. J. Gordo López, & A. Serrano Pascual, Estrategias y prácticas cualitativas de investigación social (155-188). Madrid: Pearson Education.

Heras Gómez, L. (septiembre-diciembre de 2002). Cultura política: el estado del arte contemporáneo. Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, 9 (30), 275-291. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10503014

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación (Quinta ed.). México: McGraw Hill. Recuperado el 16 de diciembre de 2020, de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20inv estigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Latinobarómetro. (2018). Informe 2018. Santiago de Chile: Corporación Latinobarómetro.

Morlino, L. (2019). Cambios hacia la democracia: Actores, estructuras y procesos. (Á. Guzmán, & P. Guzmán, Trads.) Ciudad de México, México: Siglo XXI Editores.

Mounk, Y. (2018). El pueblo contra la democracia Por qué nuestra libertad está en peligro y como salvarla. (A. Santos Mosquera, Trad.)

Barcelona: Paidós.

Ruíz, J. R. (2012). El grupo triangular: reflexiones metodológicas en torno a dos experiencias de investigación. EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales, 2012 (24), 141- 162.

Roldán García, E. (1998). Los "grupos de discusión" en la investigación en Trabajo Social y Servicios Sociales. Cuadernos de Trabajo Social (11), pp. 133-144.

Silva, J.F. (2021) La Cultura Política en los jóvenes universitarios en Querétaro, un estudio comparado. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro] http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3005

The Economist Intelligence Unit. (2019). Democracy Index 2018: Me too? Political participation, protest and democracy. Informe anual, The Economist. Recuperado el 06 de enero de 2020, https://275rzy1ul4252pt1hv2dqyuf-wpengine.netdna-ssl.com/wpcontent/uploads/2019/01/Democracy_Index_2018.pdf

Welch, S. (1993). The concept of political culture. New York: St. Martin Press.

Análisis de proyectos de emprendimiento para impulso a la economía

Autor: Ing. Leticia Tellez Rivera. ITSJR.leticia.tr@sjuanrio.tecnm.mx 4471159051 Asesor: M.C. Amauri Torres Balcázar. ITSJR. 427 119 8321 amauri.tb@sjuanrio.tecnm.mx

Resumen:

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo Implementar un proyecto de emprendimiento de desarrollo social para impulsar la economía, de la localidad de Dolores, en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán.

Como primera etapa se realiza un diagnóstico de la comunidad, mediante las herramientas de análisis FODA para identificar la competitividad, las necesidades, así como las oportunidades de innovación de la población y un análisis de PESTEL, para Identificar las brechas, intelectuales, institucionales, administrativas, políticas y de infraestructura de Dolores.

En la segunda etapa del proyecto se diseña la propuesta de proyecto de emprendimiento de desarrollo social mediante el uso de la herramienta de canvas social. De esta manera se concluirá con la elección de la mejor alternativa de emprendimiento para la comunidad, buscando el mayor beneficio socioeconómico.

En la tercera etapa se gestiona la propuesta de proyecto de desarrollo social mediante el uso de la metodología PM4R, "Project Management for Results" esta metodología nos brinda herramientas para la gestión del proyecto social siguiendo la estructura del ciclo de vida de un proyecto el cual se divide en 5 etapas estas son: inicio, planificación, implementación, monitoreo y control y por último cierre.

Con los resultados obtenidos del presente proyecto se espera contribuir al desarrollo y la competitividad, de la localidad de Dolores, y así mismo participar en el progreso que el país necesita para superar los estragos económicos y sociales de la actual crisis sanitaria.

Abstract:

The objective of this research work is to implement a social development entrepreneurship project to boost the economy in the town of Dolores, in the municipality of Epitacio Huerta, Michoacán.

As a first stage, a diagnosis of the community is carried out, using the SWOT analysis tools to identify the competitiveness, needs, as well as the innovation opportunities of the population and a PESTEL analysis, to identify the gaps, intellectual, institutional, administrative, policies and infrastructure of Dolores.

In the second stage of the project, the social development entrepreneurship project proposal is designed through the use of the social canvas tool. This will conclude with the choice of the best entrepreneurship alternative for the community, seeking the greatest socioeconomic benefit.

In the third stage, the social development project proposal is managed through the use of the PM4R methodology, "Project Management for Results", this methodology provides us with tools for managing the social project following the structure of the life cycle of a project which It is divided into 5 stages, these are: initiation, planning, implementation, monitoring and control, and finally closing.

With the results obtained from this project, it is expected to contribute to the development and competitiveness of the town of Dolores, and likewise participate in the progress that the country needs to overcome the economic and social ravages of the current health crisis.

Palabras clave

Proyectos de desarrollo, PM4R, emprendimiento social, crecimiento socioeconómico, desempleo, desarrollo comunitario / Development Project, Project Management for Results, social entrepreneurship, socioeconomic growth, unemployment, community development

Introducción

Derivado de la contingencia sanitaria, que se vive actualmente, se ha afectado de manera general la economía del país, con mayor impacto a las actividades secundarias y terciarias, la tasa de desocupación en México alcanzó el 4,2% de la población económicamente activa en septiembre del 2021. (FORBES, 2021).

Debido a esta tasa de desempleo las personas que se encontraban trabajando fuera de la comunidad de Dolores y sus alrededores, han regresado y se han encontrado con dificultades para seguir generando ingresos para el sustento de su familia enfrentándose la baja oportunidades de empleo dentro de su municipio así como la falta de apoyo de recursos de financiamiento para emprendimientos.

La generación de emprendimientos sociales, son un agente potenciador del progreso social y de la transformación de una comunidad para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, a su vez genera crecimiento económico, social y medioambiental en el país.

La comunidad de Dolores, pertenece al municipio de Epitacio Huerta, Michoacán, sus principales actividades económicas, son la agricultura y el comercio. Se encuentra a una distancia de 10 km de la cabecera municipal y cuenta con 1,282 habitantes. (INEGI, 2020).

El principal objetivo a cumplir es implementar un proyecto de emprendimiento de desarrollo social para impulsar el desarrollo socioeconómico de la localidad de Dolores, en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán.

Esto podrá ser posible mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos particulares:

Identificar la capacidad competitiva y las oportunidades de innovación en la localidad de Dolores, mediante análisis FODA.

Identificar las brechas, intelectuales, institucionales, administrativas, políticas y de infraestructura en la localidad de dolores Epitacio huerta, Michoacán, mediante análisis de PESTEL

Desarrollar la propuesta de proyectos de desarrollo de emprendimiento social mediante el uso de la herramienta de canvas social

Diseñar y desarrollar la propuesta de proyecto de desarrollo social mediante el uso de la metodología PM4R

El impacto de la investigación radica en la generación de una propuesta de emprendimiento social, que permita, impulsar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida de los habitantes en la comunidad de Dolores, municipio de Epitacio Huerta Michoacán a mediano y largo plazo.

Metodología

El proceso metodológico del proyecto consta de tres etapas (Diagnostico, diseño y selección de alternativas de emprendimiento, y por último gestión del proyecto de desarrollo social.

Se usaron las herramientas análisis FODA y análisis de PESTEL, para el diagnóstico inicial como parte de la primera etapa.

Como segunda etapa se usó la herramienta canvas social para la representación de los modelos de negocio de los proyectos de desarrollo social como alternativas y someterlos a evaluación y selección de la alternativa que represente el mayor beneficio económico y social para la comunidad de Dolores.

Por último se realizó mediante la metodología PM4R, la gestión del proyecto de desarrollo social seleccionado, siguiendo la estructura del ciclo de vida de un proyecto el cual consta de 5 etapas (inicio, planificación, implementación, monitoreo y control y por último cierre).

Esta metodología para la gestión de proyectos de desarrollo, nos ofrece herramientas, para elaborar cada una de las 5 etapas.

En la tabla 1 se puede apreciar la estructura de la metodología PM4R, donde se detalla las fases así como las herramientas que se requieren para estas. Posteriormente en la ilustración 1 se visualiza el diagrama de la metodología de manera general, integrando las herramientas de FODA, Análisis de

PESTEL y el lienzo canvas social, conformando las 3 etapas de la metodología de tal manera que nos permita lograr el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

PM4R "Project management for results"	
FASE	HERRAMIENTA
INICIO	*Matriz de resultados *Matriz de interesados *Acta de constitución del proyecto
PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	1. Desarrollo de la estructura desglosada de trabajo EDT 2. Cronograma 3. Curva S para el control de costos 4. Matriz de adquisiciones 5. Matriz de riesgos 6. Matriz de comunicaciones 7. Matriz de responsabilidades MAR (RACI)
MONITOREO Y CONTROL	*Matriz de planificación *Plan de ejecución del proyecto PEP *Plan operativo anual POA *Técnicas de valor agregado
CIERRE	Terminados los entregables se cierra el proyecto

Tabla 1 Metodología PM4R

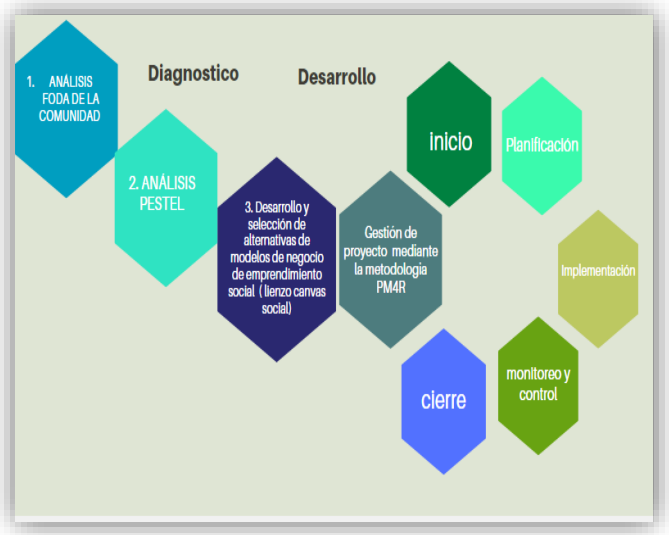


Ilustración 1 Metodología general

Resultados

Se realizó una investigación para determinar las fortalezas las oportunidades, las debilidades y las amenazas en la comunidad de Dolores, municipio de Epitacio Huerta Michoacán, para Identificar la capacidad competitiva y las oportunidades de innovación en la localidad

Se presenta el resultado de la investigación mediante un mapa de FODA, el cual se muestra en la ilustración 2.



Ilustración 2 Análisis FODA, comunidad de Dolores

Descripción de la comunidad de Dolores, Epitacio Huerta, Michoacán.

La localidad de Los Dolores está situada en el Municipio de Epitacio Huerta (en el Estado de Michoacán de Ocampo). Hay 1,282 habitantes, por detallar son 644 mujeres y 638 hombres, el 17% son personas mayores de 60 años mientras que el 77% son personas mayores de 12 años de edad. (INEGI, 2020)

En la lista de los pueblos más poblados de todo el municipio, es el número 2 del ránking. Las Dolores están a 2,411 metros de altitud. (Pueblos América, 2020)

Sus coordenadas son: La latitud (decimal) de LOS DOLORES es 20.060556 y la longitud en el sistema decimal es -100.324167. En el sistema DMS la

latitud es 200338 y la longitud es -1001927, Limita al norte y al este con el Estado de Querétaro, al suroeste con Coatepec, al sur con Maravatio y al oeste con el Estado de Guanajuato. Su distancia a la capital del Estado es de 154 kms.

En la ilustración 3 se puede apreciar una vista de la ubicación de la localidad en el mapa.



Ilustración 3 Mapa de la localidad de Dolores

La localidad colinda con los estados de Guanajuato, y Querétaro, siendo su principal vialidad paso para accesar al municipio de Epitacio Huerta, Amealco, San Juan del Río, Querétaro, Coroneo, además conecta también para la parte del estado de Michoacán con los municipios de Coatepec, Maravatio, Tlalpujahua, y hacia el estado de México conecta con el municipio de Atlacomulco.

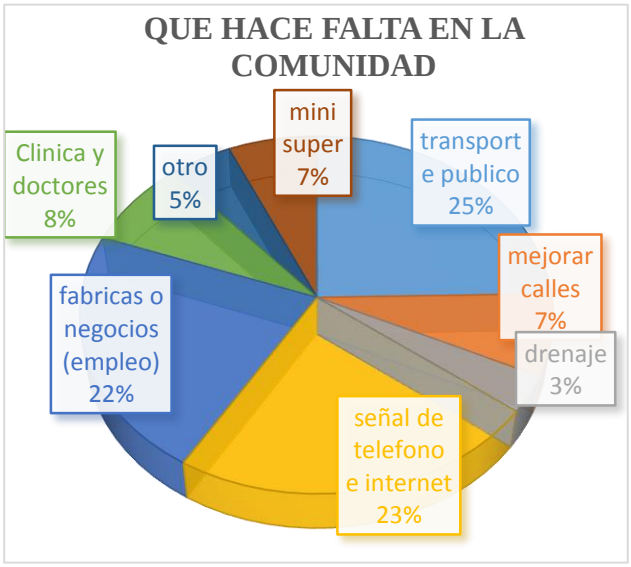
Algunas cifras de importancia, anuncian que el solo el 45% de la población mayor de 12 años se encuentra laboralmente activa y el 28% de esta misma población se encuentra ocupada. El 47% de las viviendas particulares habitadas cuenta con medio de transporte como automóvil, camioneta, o motocicleta y únicamente el 10% de las viviendas particulares habitadas cuenta con servicio de internet y por último su grado promedio de estudios es de 6.6%. (INEGI, 2020)

En cuento al clima, es templado con algunas precipitaciones durante el año, y temperaturas que oscilan de 9.4º a 23.3º centígrados.

Algunos datos que se encontraron acerca del municipio es que, predominan los bosques mixto, con pino, encino, aile y sauce; de coníferas con oyamel y pino. Su fauna la conforman: zorrillo, venado, liebre, zorro, cacomiztle, armadillo, comadreja, gato montés, coyote, pato y carpa. La superficie forestal maderable es ocupada por encino, pino y oyamel; en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies. En minería se extrae el ópalo y estaño, lo que representa el 5% de la actividad económica.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, cuaternario y terciario; corresponden principalmente a los del tipo podzólico y de gley. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadera y forestal. (Mpo. De Epitacio Huerta)

Se realizó un estudio de campo en la comunidad con una muestra de 150 personas, donde se encontró que las principales necesidades que aquejan a la comunidad son el desempleo, señal de internet, transporte público, se puede ver los resultados de esta investigación en la gráfica 1.



Gráfica 1 Necesidades de la localidad de Dolores.

Dentro de la localidad se puede observar acciones de delincuencia, migración y desempleo como parte de la amenaza en el análisis FODA de la comunidad.

Conclusiones y discusiones

La presente investigación que tiene como fin generar un emprendimiento de proyecto social para mejorar el desarrollo socioeconómico de la comunidad de Dolores, se presenta como un proyecto que bien puede ser la pauta para el impulso a la economía que la localidad necesita.

Para esto se decidió llevar a cabo una investigación de campo, como parte del proceso de la primera etapa en la metodología que es el diagnostico, aquí podemos encontrar los datos de la comunidad así como sus principales cifras que nos muestran un aspecto general de la población de Dolores y de esta manera poder identificar sus principales características positivas y negativas, en este caso encontramos que la localidad cuenta con basto recurso natural y clima favorable, además de que sus suelos son fértiles y los habitantes son mayormente jóvenes en edad laboralmente activa.

Por otro lado se aprecia que las necesidades de telecomunicaciones como el internet y el desempleo son los principales problemas que tiene la comunidad.

El proyecto sigue en la etapa de diagnóstico, y falta por realizar el estudio de análisis de PESTEL para posteriormente ya con una visión más amplia de los pros y los contras de la comunidad, poder pasar a las etapas de desarrollo y gestión de la propuesta de emprendimiento de proyecto social.

Referencias

Agencia Vasca de la Innovación. (2011). Empresa Social Innovadora. 48.

Alonso-Martínez, D., González-Álvarez, N., & Nieto, M. (2018). Emprendimiento social vs innovación social. Cuadernos aragoneses de economía, 24(1–2), 119–140. https://doi.org/10.26754/ojs_cae/cae.20141-22640

Barrera Duque, E. (2007). La empresa social y su responsabilidad social. La empresa social y su responsabilidad social, 17(30), 59–76.

Cardenete, M. A. (2009). Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86612461004. Revista de Economía Mundial, 23, 68–86. https://www.redalyc.org/pdf/866/86612461004.pdf

Chapman, A. (2004). Análisis DOFA y análisis PEST. Www.Eduardoleyton.Com, 11.

Curto, M. (2012). Los Emprendedores Sociales: Innovación al Servicio del Cambio Social. Cuadernos de la Cátedra “la caixa” de Responsabilidad de la Empresa y Gobierno Corporativo, 13, 24. http://www.iese.edu/es/files/Cuaderno 13_tcm5-75666.pdf

Echeverría, J. (2008). El manual de Oslo y la innovación social. Arbor, 732, 609–618.

Instituto politécnico nacional escuela superior de economía. (2016).

Mondelo, E., & Siles, R. (2019). Guía Metodológica PM4R Instituto Interamericano para el Desarrollo Económico y Social (INDES). 172.

Sánchez, N. (2007). El marco lógico. Metodología y evaluación de proyectos. Visión Gerencial, 2, 328–343.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SOMOS UAQ
SERVIR CONSTRUIR TRANSFORMAR

MEMORIAS DEL 9° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS DEL ESTADO DE QUERÉTARO

BLOQUE
INGENIERIA Y TECNOLOGÍA

9° ENCUENTRO
DE JÓVENES INVESTIGADORES
E INVESTIGADORAS
DEL ESTADO DE QUERÉTARO

"Ideas jóvenes para impulsar el crecimiento del país"

INDICE

BLOQUE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Beristain Valadez Arruan David

Cruz Estrada Alejandra Lluvizel

Durán Martínez Samuel

Gutiérrez Gil Ari Axel

Mancilla Bárcenas Gabriela

Ramírez García Juan Manuel

Rodríguez Olguín Luis Enrique

Sánchez Reza Ezequiel

Interconexión electrónica MOSFET a un sensor de cloruros flexible

Beristain-Valadez, Arruan David[1]; Badillo-Vázquez, Martín Josan[2]; Arriaga-Hurtado, Luis Gerardo[3]; Durón-Torres, Sergio Miguel[4]; Espinosa-Lumbreras, José Roberto[5]; Ledesma-García, Janet[6A]; Escalona-Villalpando, Ricardo Antonio[6B]

[1]Ingeniería en nanotecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, 76010, Santiago de Querétaro, México. arruanberis@gmail.com
[2]Maestría en Mecatrónica, Universidad Politécnica de Zacatecas, Plan del Pardillo S/N, Parque Industrial, Fresnillo, Zacatecas.
[3]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, 76703, Santiago de Querétaro, México.
[4]Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus Siglo XXI, Edif. 6, Km 6 carr. Zacatecas-Guadalajara, Zacatecas C.P. 98160.
[5]Unidad Académica de Ingeniería I, Ingeniería Mecánica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Col. Centro, Av. Ramón López Velarde 801. Zacatecas, Zacatecas C.P. 98000, México.
[6]División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, 76010, Santiago de Querétaro, México.

Resumen

La cuantificación de iones cloruro es una prueba esencial para el diagnóstico de la fibrosis quística, ya que provoca concentraciones anormalmente altas de estos iones en el sudor. El objetivo del trabajo es el desarrollo de un sensor potenciométrico inalámbrico para cuantificar Cl^-. Los electrodos empleados en la detección se basan en nanopartículas de plata (Ag NPs), buscando obtener una alta sensibilidad. Se evaluaron los electrodos modificados como sensor de cloruros por medio de pruebas de potencial a circuito abierto utilizando un potenciostato/galvanostato, y posteriormente se acoplaron a las celdas de electrodos modificados a un sistema electrónico que permita la obtención sencilla de lecturas de concentración. Se empleó la conexión de la celda a un MOSFET con el cual, aprovechando el efecto de la formación del canal de conducción entre el drenador y el surtidor, se logró la amplificación considerable, pasando de un rango de milivolts a un rango de volts. Por último, se programó el sensor para su conexión inalámbrica y control a través de una aplicación móvil con base en la plataforma de Blynk. Así, se logró obtener un sensor de concentración de cloruros.

Palabras clave: sensor de cloruros, fibrosis quística, nanopartículas de plata, MOSFET.

Summary

The quantification of chloride ions is an essential test for the diagnosis of cystic fibrosis because it causes abnormally high concentrations of this ion in sweat. The objective of this work is the development of a wireless potentiometric sensor for Cl^- quantification. The electrodes used for detection are based in silver nanoparticles (Ag NPs), seeking to obtain high sensitivity. The modified electrodes were evaluated as chloride sensors through open circuit potential experiments using a potentiostat/galvanostat, to then couple the cells made with these electrodes to an electronic system that allows to easily obtain concentration readings. The cell was connected to the gate of a MOSFET with which, benefiting from the conduction channel formation between the source and the drain terminals, it was possible to obtain a considerable amplification, going from a scale of millivolts to volts. Finally, the sensor was programmed for its wireless connection and control through a mobile app based on the Blynk platform. Thus, it was possible to obtain a chloride concentration sensor.

Key words: chloride sensor, cystic fibrosis, silver nanoparticles, MOSFET.

Introducción

El sudor tiene una composición que puede variar por diversos factores: enfermedades, el grado de hidratación y la dieta (Dam, Zevenbergen, & van Schaijk, 2015). Esto también incluye a los iones cloruro, y la alteración en sus niveles normales puede asociarse a problemas tales como la fibrosis quística. Esta es una enfermedad hereditaria causada por mutaciones en el gen del regulador de conductancia transmembranal de fibrosis quística. Esto impide la correcta regulación de iones, entre ellos el cloruro (Gaspar, Couet, Olivier, Pais, & Sousa, 2013), lo cual tiene efectos sistémicos.

De entre las pruebas para la detección de la fibrosis quística, una de las más utilizadas es la de sudor, ya que es un fluido de obtención no invasiva. La técnica se basa en la determinación de la concentración del ion Cl^- en el sudor, pues uno de los efectos de esta enfermedad es la alta concentración de este anión (Bujes-Garrido, Izquierdo-Bote, Heras, Colina, & Arcos-Martínez, 2018). No obstante, la recolección del sudor, su traslado, su manejo en un laboratorio, y la inaccesibilidad a ellos son de los factores principales que juegan en contra de la detección temprana de la enfermedad (Castaños, Chertkoff, & Gravina, 2020; Choi et al., 2018).

Recientemente han cobrado mayor interés los dispositivos para el diagnóstico "en el punto de cuidado", y se han desarrollado para diferentes tipos de técnicas de detección, siendo las electroquímicas de las más prometedoras puesto que permiten una mayor portabilidad, menores costos y cantidades de muestra a analizar, así como mayor sensibilidad y manejo más simple (Fan et al., 2017).

A partir de transistores de efecto de campo (FET), tales como el MOSFET, es posible la detección de cambios tanto químicos como biológicos (Alvarez-Serna & Ramírez-Chavarría, 2021). Se han reportado sensores que utilizan estos FET en diferentes configuraciones para la medición de pH, la cuantificación de iones, la detección de anticuerpos, entre otros propósitos, todo esto debido a la versatilidad que poseen para su integración en la electrónica (Kaisti, 2017). A partir de la modificación o conexión de la compuerta a un sistema de electrodos sensible a la concentración de iones, se puede obtener una respuesta dependiente de dicha concentración.

Con el fin de mejorar la accesibilidad a las pruebas de cuantificación de cloruros, se propone el desarrollo de electrodos modificados con nanopartículas de plata con el fin de mejorar su sensibilidad para ser implementados en un sensor potenciométrico inalámbrico, el cual aproveche las características de un MOSFET con el fin de amplificar la señal y así obtener lecturas de concentración de manera sencilla.

Metodología

Los electrodos utilizados para la cuantificación de cloruros fueron elaborados a partir de tiras de papel de carbón toray (TCP), modificándolas con los diferentes tipos de nanopartículas de plata obtenidas. En el caso de la tinta comercial, se agregó una cantidad de 1µL sobre una superficie de aproximadamente 0.5cm × 0.5cm del TCP. Después del secado a temperatura ambiente, se agregaron 4µL de una solución saturada de cloruro férrico ($FeCl_3$).

En el caso de las nanopartículas sintetizadas, primero se preparó una tinta con ellas, pesando una cantidad de 3.5mg y agregando 21µL de Nafion y 219µL de alcohol isopropílico. Lo anterior fue mezclado en un sonicador por 40 minutos. Para modificar los electrodos se agregaron 30µL de la tinta a cada uno. Después de secarse, se agregaron: 1µL de la solución saturada de $FeCl_3$, 2.5µL de agua desionizada y 4µL de etanol.

A partir de los electrodos modificados se elaboraron celdas, cada una con dos de ellos. Se utilizó una película plástica como sustrato. En una de sus caras se colocó un electrodo modificado con nanopartículas,

cubriéndolo con un gel de agar. Este último fue preparado calentando 1mL de una solución 1M de KCl a 80-90°C, agregando en seguida 0.040g de agar. Una vez cubierto el electrodo con dicho gel, se agregó una capa de resina epóxica para aislarlo del medio. En la cara opuesta (que además es adhesiva) se colocó el segundo electrodo, dejándolo al descubierto.

La evaluación de los diferentes tipos de nanopartículas como sensores de cloruros se realizó en un potenciostato BioLogic 3300. Las pruebas realizadas fueron de potencial a circuito abierto (OCP), en tres variantes. La primera se realizó con un electrodo modificado con nanopartículas de plata (trabajo) contra la referencia comercial de Ag/AgCl, esto en agitación y con ambos electrodos sumergidos en 5mL de buffer de fosfatos (PBS, pH 7.4 o 5.6 dependiendo de la prueba). El paso inicial es esperar la estabilidad a una concentración 0M de Cl^-, para después realizar adiciones de 10 en 10mM de estos iones al medio, en un rango de 0 hasta 220mM. La segunda variante se realizó de manera similar, pero empleando las celdas elaboradas con dos electrodos modificados, conectando el electrodo descubierto al de trabajo del potenciostato y el encapsulado como referencia. Por último, la tercera variación se hizo usando las mismas celdas, pero colocando sobre el electrodo de trabajo únicamente una gota de 50µL de concentraciones: 0, 30, 60, 90, 120, 160, 190 y 220mM. Cada gota se evaluó durante 15 minutos.

Una vez evaluadas las nanopartículas, se desarrolló un sistema electrónico para la medición de voltaje independiente de potenciostatos. Con el objetivo de implementar un MOSFET para amplificar la señal obtenida de las celdas, se evaluó el comportamiento de este componente por medio de voltamperometrías lineales, esto con un potenciostato Gamry Reference 600. Se alimentó la compuerta con el contraelectrodo en un rango de voltaje de 0 a -2V y a una velocidad de barrido de 10mV/s, midiendo la corriente entre el drenador y el surtidor. Adicionalmente, se realizaron pruebas adicionando el voltaje de las celdas, conectándolas en serie entre el contraelectrodo y la compuerta, con el fin de observar el efecto que tiene sobre la respuesta del MOSFET.

Con el resultado obtenido se propusieron puntos de operación, que son valores de voltaje a partir de los cuales se puede adicionar o restar el voltaje de la celda. Las concentraciones utilizadas para dicho propósito fueron las de 0, 30 y 220mM, y se realizaron cronoamperometrías para probar los puntos de operación, esto con el equipo Gamry Reference 600, conectando de nuevo el contraelectrodo a la celda y esta última a la compuerta del MOSFET, y midiendo la corriente entre el drenador y el surtidor. Simultáneamente se conectó un segundo potenciostato (Gamry Reference 600+) para hacer mediciones de potencial entre el drenador y el surtidor, con el fin de comparar la respuesta de voltaje con la de corriente.

Con el fin de no depender de los potenciostatos para proveer el punto de operación se sustituyeron por una tarjeta ESP32, la cual fue programada en Arduino para que desde un pin convertidor digital a analógico (DAC) proporcionara el voltaje deseado. Asimismo, se sustituyó la lectura de voltaje con la ESP32, ahora usando uno de sus pines con convertidor analógico a digital (ADC). Esto requirió añadir instrucciones al código de la tarjeta para escoger un pin y tomar en él una lectura de un voltaje de entrada.

Se implementó, además, un segundo MOSFET que permite la conexión y desconexión de la celda. Posteriormente, como una prueba de la arquitectura en una placa de pruebas, se realizaron mediciones de OCP entre el drenador y el surtidor ahora con todas las concentraciones. Después de verificar el funcionamiento, se trasladó el diseño electrónico a una placa de baquelita.

Para el control de los diferentes pasos y parámetros a utilizar por el sensor, así como para evitar depender de otros dispositivos para la visualización o manipulación de los datos, se creó una aplicación en Blynk que permite realizar lo anterior desde un dispositivo móvil de manera inalámbrica, en este caso

a través de Wifi. Entonces se creó una interfaz con botones, entradas de texto y numérica, LEDs y una LCD virtuales. Con los pines virtuales asignados a cada uno de estos elementos se creó un programa, nuevamente en Arduino, que permite controlar el sensor a partir de las acciones del usuario.

Por último, las pruebas para calibrar el sensor se realizaron simultáneamente con el sensor a través de la aplicación móvil, y con el potenciostato con pruebas de OCP. Se utilizaron concentraciones de 0, 10, 30, 60, 90, 120 y 160mM.

Resultados

En cuanto a la evaluación de los electrodos para la cuantificación de cloruros, en primera instancia se realizaron las pruebas de OCP en agitación con el electrodo modificado con las NPs de Ag comerciales y cloruros contra el electrodo de referencia comercial de Ag/AgCl. La conexión y disposición de los electrodos en la solución de prueba se muestra en la Figura 1. En esta ocasión se utilizó PBS pH 7.4 como el medio de prueba.



Figura 1. Acomodo de los electrodos, con un electrodo modificado con nanopartículas y cloruros como electrodo de trabajo y electrodo de referencia comercial de Ag/AgCl.

La estabilidad para la concentración 0M de cloruros se alcanzó en aproximadamente 20 minutos. A continuación, se prosiguió a realizar las adiciones de cloruros que resultaron en cambios de potencial a manera de escalones descendientes, por lo que después de cada adición se debió esperar a la estabilidad del potencial. Las adiciones hasta 120mM fueron de 10 en 10mM, y las posteriores se hicieron en incrementos de 20mM para distinguir mejor los cambios de voltaje. Una vez terminadas las adiciones se retiraron los electrodos de la solución y fueron enjuagados con agua desionizada para limpiarlos.

De estas primeras pruebas, se obtuvieron resultados como los mostrados en la Figura 2a. En ella se observa que, al realizar adiciones sucesivas de cloruros a la solución de prueba, se obtiene una respuesta en forma de un cambio negativo de potencial, con diferencias de voltaje entre adiciones cada vez menores. Al graficar el valor del potencial correspondiente a cada concentración de iones cloruro en el medio, se encuentra que sigue un comportamiento logarítmico, pues se ajusta muy bien a la función de este tipo mostrada en la Figura 2b, con un valor de R^2 de 0.9973. Esto se encuentra en concordancia con lo estipulado en la ecuación de Nernst (Angst, Elsener, Larsen, & Vennesland, 2010), que indica una relación logarítmica entre la actividad de los iones en solución con el potencial a circuito abierto medido.

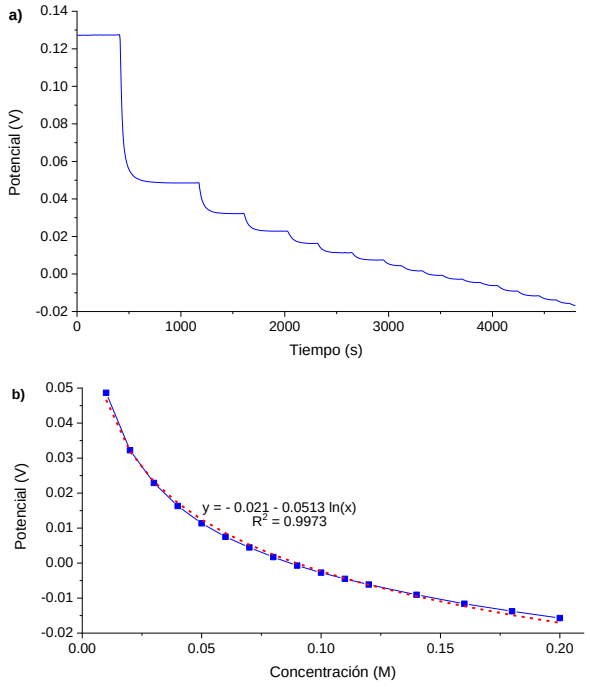


Figura 2. a) Resultados de prueba de OCP, con un electrodo modificado con NPs de plata y cloruros, contra Ag/AgCl comercial. En PBS pH 7.4, sumergido y en agitación. b) Gráfica de potencial medido contra concentración de cloruros, ajustado a una línea de tendencia logarítmica (línea roja punteada).

Una vez comprobado el funcionamiento individual de los electrodos modificados con nanopartículas como electrodos de trabajo para el sensor, se prosiguió con la prueba de los arreglos elaborados con un par de ellos. En este caso el electrodo de referencia del potenciostato fue conectado a la pseudo referencia presente en la celda, y se ilustra en la Figura 3. Fue necesario envolver los electrodos en papel aluminio por el extremo libre, para facilitar la conexión de los caimanes.



Figura 3. Conexión del arreglo de electrodos modificados con nanopartículas de plata y cloruros, para la prueba de adiciones de iones Cl^- en agitación con electrodos sumergidos.

Entonces se realizó la misma prueba de adiciones de cloruros, con los electrodos sumergidos y la solución en agitación, primero en buffer de fosfatos de pH 7.4. En la Figura 4a se muestran los resultados obtenidos. Las adiciones, en esta ocasión, pudieron realizarse de 10 en 10mM de iones cloruro, y se observa nuevamente el descenso de potencial a partir de la adición de estos iones al medio, con un comportamiento que sigue obedeciendo la tendencia logarítmica, como puede observarse en la gráfica de la Figura 4b y en su ecuación y valor de R^2 de 0.9998.

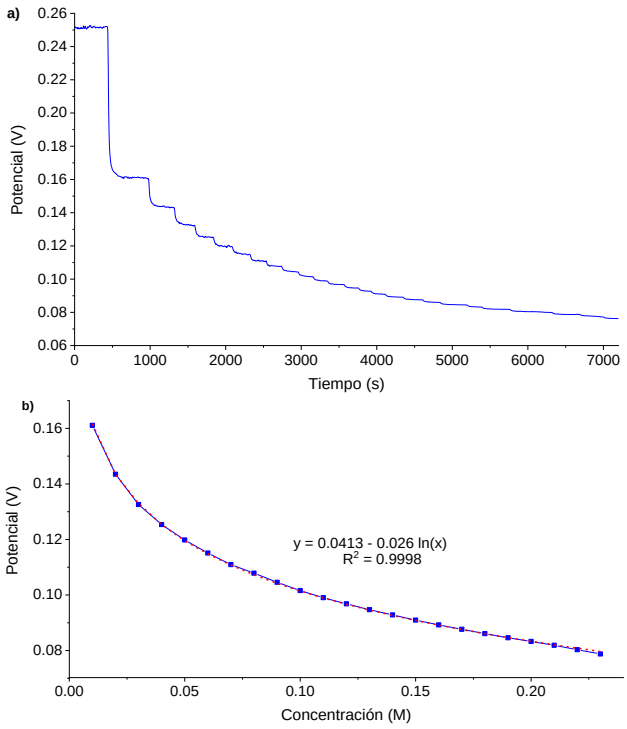


Figura 4. a) Prueba OCP para un arreglo de electrodos modificados con NPs de plata (electrodo de trabajo desnudo y referencia en gel de agar, 1M de KCl), con adiciones de cloruros de 10 en 10mM, en PBS pH 7.4. b) Gráfica de potencial medido concentración de cloruros, con línea de tendencia logarítmica (punteada).

Posterior a esto, se cambió el pH a 5.6, con el objetivo de que fuera más semejante al presente en el sudor. Siguiendo la misma técnica, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 5a. Estos son similares a los presentados anteriormente, aunque en potenciales más bajos, lo cual puede notarse a partir del potencial inicial (a concentración 0Mm de cloruros), que está disminuido respecto al voltaje medido para la misma concentración en un medio de pH 7.4. Únicamente se tiene una anormalidad alrededor de los 4000 segundos, pero el potencial vuelve a la estabilidad de manera inmediata y la prueba continuó. Visualizando nuevamente los potenciales obtenidos contra las concentraciones a las que corresponden Figura 5b, se observa que el comportamiento logarítmico se ajusta muy bien a los datos. No obstante, fue necesario realizar las últimas cinco adiciones de 20 en 20mM para distinguir con seguridad los cambios de potencial y su estabilidad entre cada una de ellas.

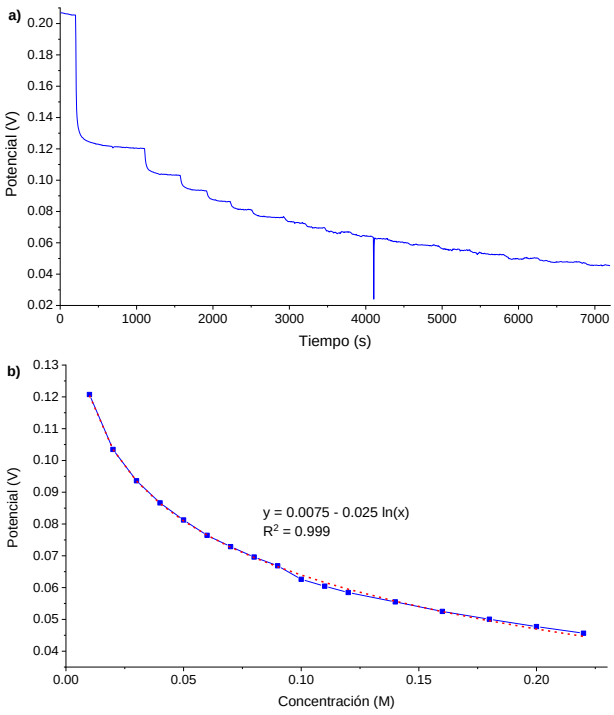


Figura 5. a) Prueba OCP para un arreglo de electrodos modificados con NPs de plata, con adiciones de cloruros de 10 en 10mM, en PBS pH 5.6. b) Gráfica de potencial medido concentración de cloruros, con línea de tendencia logarítmica (punteada).

Posteriormente, para asemejar más la interacción de los electrodos con el funcionamiento a manera de parche, se procedió a realizar pruebas de OCP en esta ocasión con gotas que cubrieran el área modificada del electrodo de trabajo y el puente salino. La configuración de esta prueba puede apreciarse en la Figura 6.



Figura 6. Conexión del arreglo de electrodos modificados con NPs de plata y cloruros para las pruebas de OCP con gotas.

Primero se estabilizaron los electrodos en agitación con el fin de asegurar mejores mediciones. Posteriormente se colocaron gotas de las concentraciones indicadas anteriormente, y se dejó correr la prueba de potencial a circuito abierto por 15 minutos para cada una. Esta última prueba de potencial a circuito abierto produjo los resultados que se encuentran en la Figura 7, donde cada línea de diferente color corresponde a los potenciales medidos para cada gota de concentración conocida. Comparando el potencial de la primera gota correspondiente a 0mM de cloruros (línea naranja) con el potencial obtenido por agitación para la misma concentración (línea azul), puede observarse que el primero es menor. Al igual que en experimentos anteriores, el potencial disminuye cada vez en menor medida al ir aumentando la concentración. Extrayendo y graficando los potenciales medidos para cada concentración a los 500 segundos, vuelve a presentarse el comportamiento logarítmico al descender los potenciales, lo cual se comprueba analizando y comparando la gráfica obtenida con la línea de tendencia logarítmica presentada en la Figura 8.

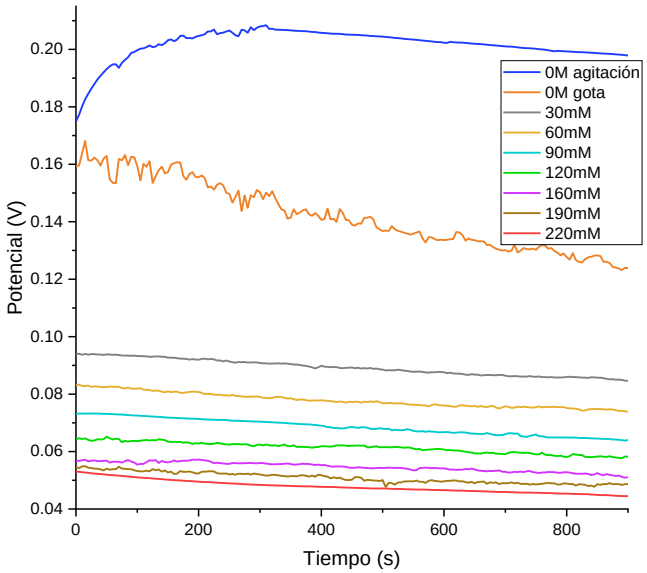


Figura 7. Resultados de pruebas de OCP con los arreglos fabricados con electrodos modificados con NPs de plata y cloruros. Cada línea de color corresponde a una concentración diferente. Potencial contra referencia fabricada.

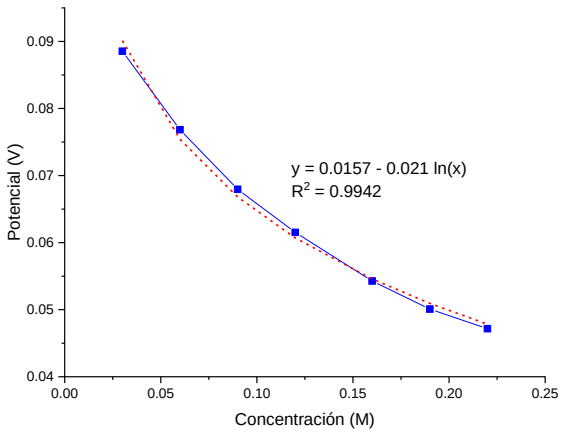


Figura 8. Gráfica de potencial (contra el electrodo de referencia fabricado) contra la concentración de cloruros, con línea de tendencia logarítmica (línea punteada).

De la repetición por triplicado de la misma prueba se obtuvieron resultados de potenciales contra concentración de iones cloruro, con comportamientos similares en los tres experimentos. Calculando los potenciales promedio para cada concentración a partir de los resultados de las pruebas, y considerando las desviaciones estándar de cada uno de ellos, se obtuvo la curva mostrada en la Figura 9. La línea de tendencia logarítmica tiene un muy buen ajuste a la gráfica obtenida.

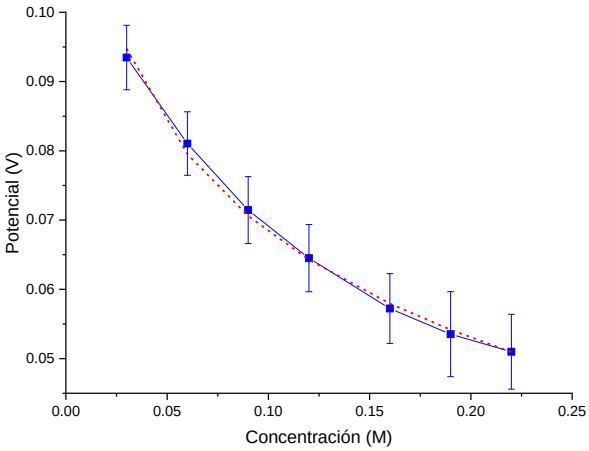


Figura 9. Gráfica de potenciales correspondientes a cada concentración, obtenida del triplicado de pruebas de gotas.

Para comenzar con la implementación del sistema electrónico fue necesaria la caracterización de la respuesta del MOSFET. A partir de la voltamperometría lineal se obtuvo una curva mostrada en color negro en la Figura 10 el cual es el comportamiento típico de este tipo de componente. Para observar el efecto del potencial en la celda sobre la respuesta del MOSFET, se realizaron pruebas conectando en serie el arreglo de electrodos modificados entre el voltaje suministrado (proveniente del contraelectrodo del potenciostato) y la compuerta del MOSFET. Esto tuvo el efecto de recorrer la curva obtenida al compararla con la obtenida únicamente con el voltaje suministrado por el potenciostato. Como puede observarse en la Figura 10, el rango de voltaje en el cual se forma el canal de conducción entre el drenador y la compuerta se recorrió a una mayor magnitud, lo cual se puede atribuir al voltaje que se suma desde la celda. De esta manera, el desplazamiento mayor se dio con la concentración de 0 M que tiene el mayor voltaje de celda, mientras que para las concentraciones de 30 y 220 mM mostraron un desplazamiento cada vez menor.

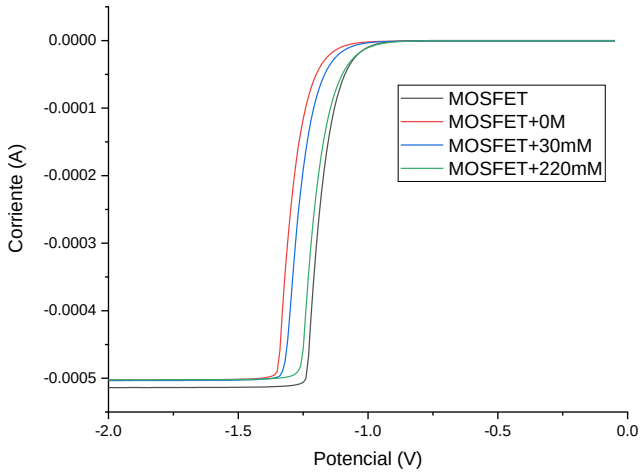


Figura 10. Resultado de las voltamperometrías lineales obtenidas al agregar la celda, con diferentes concentraciones de cloruros.

Con base en las curvas obtenidas se probaron dos tipos de conexión de la celda al MOSFET de amplificación. En la primera (conexión directa), se conectó el contraelectrodo del potenciostato a la referencia y el de trabajo de la celda a la compuerta del MOSFET, al igual que en las pruebas realizadas

anteriormente. La segunda configuración propuesta (conexión inversa) fue conectando el contraelectrodo al electrodo de trabajo de la celda y su referencia a la compuerta. Comparando los resultados de ambas, se encontró una mayor variación tanto de voltaje como de corriente para las concentraciones más altas con la celda invertida, teniendo un rango de corriente de 293.7 µA y uno de voltaje de 2.629 V entre las concentraciones de 30 a 220 mM. Por otro lado, al conectar de manera directa la celda el mismo intervalo de concentración tiene rangos de 70.74 µA y 0.432 V. Fue por esta razón que, a partir de este punto, se decidió trabajar con esta conexión inversa de la celda.

Posteriormente se modificó el valor de la alimentación del drenador de 5 V a 3.3 V, puesto que la tarjeta ESP32 con que se trabajó más adelante está limitada a dicha magnitud de potencial. Asimismo, para evaluar el efecto de la magnitud de la resistencia colocada entre la alimentación y el drenador del MOSFET en la respuesta, se varió su valor con resistencias de 5kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 150kΩ, 300kΩ, 1MΩ y 3.3MΩ.

El cambio en el voltaje de 5 a 3.3 V tuvo el efecto de producir una corriente menor en magnitud, mismo cambio que se puede notar en las líneas negra y azul obscuro de la Figura 11. En la misma figura se presentan los cambios en la curva al modificar la resistencia del drenador, y queda claro que, al aumentar la resistencia, la magnitud de la corriente medida es cada vez menor. En la parte inferior se presenta un acercamiento a las curvas obtenidas para las resistencias de 100 kΩ a 3.3 MΩ. Para las resistencias de 100 a 300 kΩ la magnitud de corriente entra en el orden de los microvolts, y es considerablemente más alta que la obtenida con resistencias de 1 y 3.3 MΩ, la cual es incluso difícil de distinguir del ruido. Otro efecto observado fue la disminución de la ventana de potencial a medida que se incrementaba la resistencia. Conociendo lo anterior, se eligió la resistencia de 150 kΩ dado su consumo relativamente bajo de corriente, aunado a que la ventana de potencial que ofrece es suficiente para cubrir el rango de voltaje de la celda al agregarle las gotas con las concentraciones de interés. Debido a la modificación de la resistencia y el voltaje de alimentación para el MOSFET, fue necesario reajustar el punto de operación.

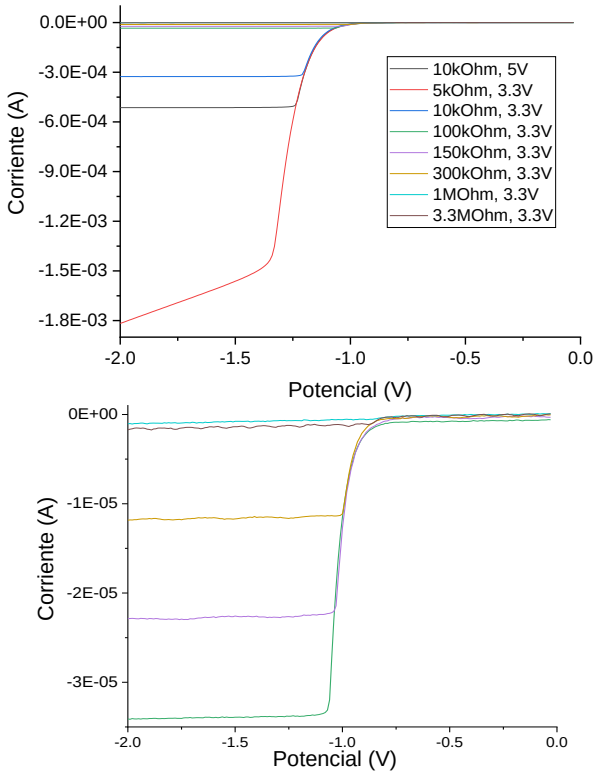


Figura 11. Voltamperometrías realizadas al MOSFET con diferentes alimentaciones del drenador y cambiando el valor de la resistencia del drenador.

Después, para sustituir el suministro del punto de operación y la obtención de mediciones sin depender del potenciostato, se implementó una tarjeta ESP32, la cual fue programada en Arduino. Producto de observaciones realizadas al hacer diferentes pruebas, se encontró que para tener una conexión más adecuada de todos los componentes es mejor realizarla de manera secuencial, empezando por conectar la ESP32, seguido del MOSFET de amplificación y por último la celda. Entonces, se optó por incluir un optoacoplador y un MOSFET entre la celda y la compuerta del MOSFET de amplificación con el fin de poder controlar el orden de conexión.

La arquitectura completa entonces se ilustra en la Figura 12. Se comprobó su funcionamiento en una placa de pruebas, para posteriormente ser trasladada a una placa de baquelita. De igual manera, se comenzó a implementar la aplicación móvil para el sensor. En la Figura 13 se muestra el sensor terminado en la placa. Se aprecian además caimanes que permiten la conexión externa de la celda y se alimenta por medio de una batería portátil.

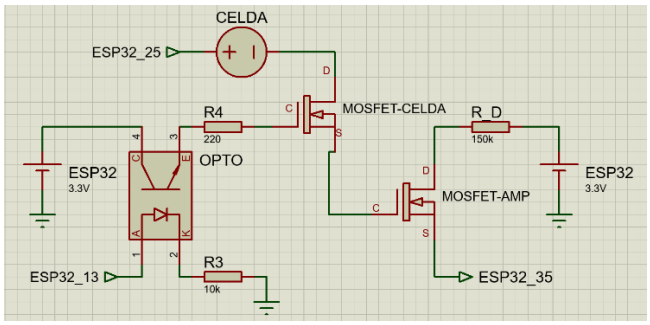


Figura 12. Esquemático de la arquitectura electrónica con dos MOSFET, uno para activar la celda y otro para la amplificación de la señal.

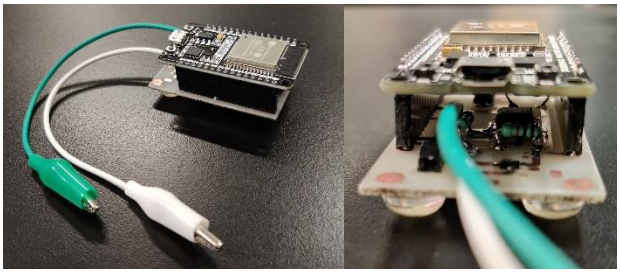


Figura 13. Dispositivo electrónico en placa, con la tarjeta ESP32 montada sobre el circuito.

Para la obtención de la curva de calibración se realizaron las mediciones de OCP entre el drenador y el surtidor con el potenciostato, al mismo tiempo que se tomaron lecturas de voltaje con el sensor. Los voltajes medidos para cada concentración con tres celdas diferentes fueron similares; sin embargo, se encontró que al comparar los cambios de voltaje respecto al blanco se obtuvieron menores variaciones, por lo cual se optó por usar estos datos para la curva de calibración. En la Figura 14 se observan los resultados del triplicado de las pruebas del sensor, graficando los cambios de voltaje respecto al blanco.

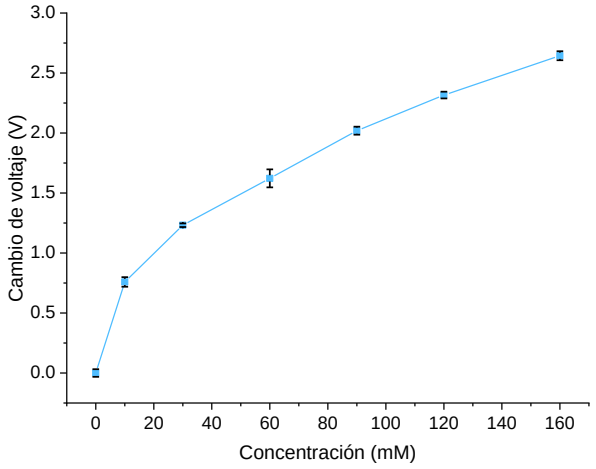


Figura 14. Gráfica de diferencias de potencial respecto al blanco, obtenida del triplicado de la prueba del sensor

Posteriormente, se convirtieron los cambios de voltaje a cambios porcentuales, tomando como unidad el voltaje del blanco. Después, invirtiendo los ejes y graficando los cambios porcentuales se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 15. Se realizó el ajuste a un polinomio de grado 6. Estos mismos fueron introducidos en la programación posteriormente para realizar la conversión de voltaje a concentración.Figura 15

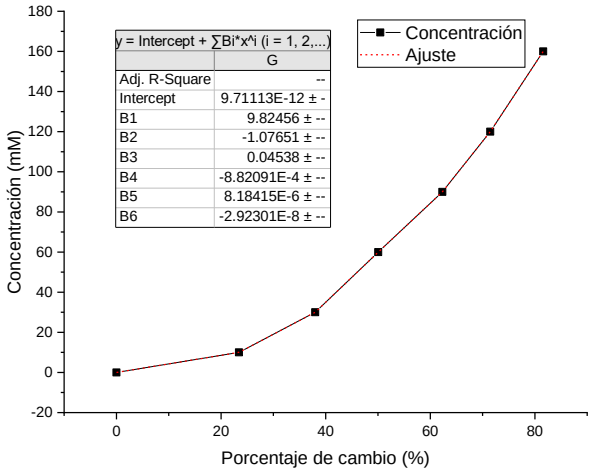


Figura 15. Gráfica de concentración contra cambios porcentuales, con ajuste polinomial (línea punteada roja), y con coeficientes para el polinomio.

Se realizaron pruebas del sensor ya con la ecuación para la conversión, obteniendo lecturas como la mostrada en la Figura 16. En el widget de la pantalla

LCD, en la parte inferior, la primera línea despliega la lectura del ADC en voltaje, y debajo muestra la conversión a concentración. El resultado mostrado es de una prueba realizada con una concentración de 60mM.

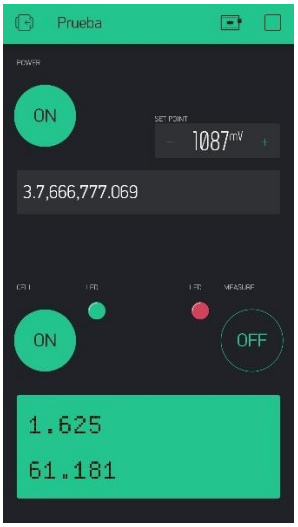


Figura 16. Ejemplo de una medición de concentración desde la interfaz de la aplicación para el sensor.

Discusión y conclusiones

A partir de la evaluación de los electrodos modificados con nanopartículas de plata se obtuvo una respuesta acorde a la teoría planteada por la ecuación de Nernst, observando un comportamiento logarítmico en la respuesta de voltaje contra la concentración de cloruros en el medio. Con lo anterior, fue posible también la integración de las celdas a un sensor electrónico independiente, capaz de realizar lecturas de voltaje, mismas que son tratadas para otorgar la lectura de concentración de iones cloruro. En este sistema electrónico se encontró un gran beneficio al incorporar el MOSFET como sistema de amplificación, puesto que fue posible pasar de un rango de algunos milivolts de diferencia entre concentraciones (sobre todo las más altas) a diferencias de cientos de milivolts después de acoplar dicho componente.

Referencias bibliográficas

Alvarez-Serna, B. E., & Ramírez-Chavarría, R. G. (2021). EGFET-based pH Sensor coupled with Low-cost Electrochemical Screen-printed Electrodes. *Journal of Physics: Conference Series*, *1723*(1), 012024. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1723/1/012024

Angst, U., Elsener, B., Larsen, C. K., & Vennesland, Ø. (2010). Potentiometric determination of the chloride ion activity in cement based materials. *Journal of Applied Electrochemistry*, *40*(3), 561–573. https://doi.org/10.1007/s10800-009-0029-6

Bujes-Garrido, J., Izquierdo-Bote, D., Heras, A., Colina, A., & Arcos-Martínez, M. J. (2018). Determination of halides using Ag nanoparticles-modified disposable electrodes. A first approach to a wearable sensor for quantification of chloride ions. *Analytica Chimica Acta*, *1012*, 42–48. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.01.063

Castaños, C., Chertkoff, L., & Gravina, L. (2020). Cystic Fibrosis: Clinical and Diagnosis Approach. In P. Bertrand & I. Sánchez (Eds.), *Pediatric Respiratory Diseases* (pp. 439–451). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26961-6_44

Choi, D.-H., Thaxton, A., Jeong, I. cheol, Kim, K., Sosnay, P. R., Cutting, G. R., & Searson, P. C. (2018). Sweat test for cystic fibrosis: Wearable sweat sensor vs. standard laboratory test. *Journal of Cystic Fibrosis*, *17*(4), e35–e38. https://doi.org/10.1016/j.jcf.2018.03.005

Dam, V. A. T., Zevenbergen, M. A. G., & van Schaijk, R. (2015). Flexible Chloride Sensor for Sweat Analysis. *Procedia Engineering*, *120*, 237–240. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.588

Fan, Y., Liu, J., Wang, Y., Luo, J., Xu, H., Xu, S., & Cai, X. (2017). A wireless point-of-care testing system for the detection of neuron-specific enolase with microfluidic paper-based analytical devices. *Biosensors and Bioelectronics*, *95*, 60–66. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bios.2017.04.003

Gaspar, M. C., Couet, W., Olivier, J.-C., Pais, A. A. C. C., & Sousa, J. J. S. (2013). Pseudomonas aeruginosa infection in cystic fibrosis lung disease and new perspectives of treatment: a review. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, *32*(10), 1231–1252. https://doi.org/10.1007/s10096-013-1876-y

Kaisti, M. (2017). Detection principles of biological and chemical FET sensors. *Biosensors and Bioelectronics*, *98*, 437–448. https://doi.org/10.1016/j.bios.2017.07.010

KOM'I NE: RECONOCIMIENTO CON IA

Alejandra Lluvizel Cruz Estrada (alejandra104info@gmail.com), Mario Eduardo Donjuán Carreño (mario.donjuan@uteq.edu.mx), Ivo Neftalí Ayala García (ivo.ayala@tec.mx), Dulce María Orozco Corona (dulce.orozco@uteq.edu.mx).

Resumen

Este proyecto contribuye a la supervisión y control de medidas preventivas de la propagación del coronavirus causante del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-COV2) el cual monitorea el uso correcto de mascarilla, por medio del entrenamiento de un sistema de visión con inteligencia artificial que alerta al usuario cuando una persona es identificada sin cubrebocas. Para el seguimiento del proyecto se utiliza la metodología Scrum donde se fijan y cumplen objetivos cada semana, con el fin de evitar retrasos durante el desarrollo. Se abordan temas tecnológicos como internet de las cosas, programación y comunicación de sistemas electrónicos y análisis de imágenes obteniendo como resultado una herramienta de identificación y una interfaz de usuario a distancia.

Palabras clave: Análisis de imágenes, entrenamiento, visión, comunicación, internet de las cosas, SARS-COV2, inteligencia artificial.

Abstract

This project contributes to the supervision and control of preventive measures for the spread of the coronavirus that causes severe acute respiratory syndrome (SARS-COV2), which monitors the correct use of masks, through the training of a vision system with artificial intelligence that alerts the user when a person is identified without a mask. The Scrum methodology is used to monitor the project, in which objectives are set and met every week, in order to avoid delays during development. Technological issues such as the internet of things, programming and communication of electronic systems and image analysis are addressed, resulting in an identification tool and a remote user interface.

Keywords: image analysis, training, vision, communication, internet of things, SARS-COV2, artificial intelligence.

Introducción

Desarrollar un sistema de visión que identifique si las personas están portando mascarilla, a través del entrenamiento de un modelo de inteligencia artificial, para notificar al usuario mediante una alarma cuando se presente un caso negativo, con la finalidad de ayudar a verificar que se cumplan los protocolos de sanidad.

La inteligencia artificial hace un tiempo que abandonó el espectro de la ciencia ficción para introducirse en el mundo que hoy conocemos. A lo largo de los últimos años ha ido evolucionando con una pendiente exponencial. Está llamada a protagonizar una revolución equiparable a la que generó Internet. Los expertos en ciencias de la computación Stuart Russell y Peter Norvig diferencian varios tipos de inteligencia artificial:

- Sistemas que piensan como humanos, automatizan actividades como la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje, un ejemplo son las redes neuronales.
- Sistemas que actúan como humanos, se trata de computadoras que realizan tareas de forma similar a como lo hacen las personas, tal es el caso de los robots.
- Sistemas que piensan racionalmente, intentan emular el pensamiento lógico racional de los humanos, es decir, se investiga como pueden percibir, razonar y actuar en consecuencia.
- Sistemas que actúan racionalmente, son aquellos que tratan de imitar de manera

racional el comportamiento humano, un ejemplo son los “agentes inteligentes”.

La inteligencia artificial hoy en día está aplicada en distintos ámbitos en los que se desenvuelve la sociedad. En el campo de la medicina, por ejemplo, será útil para procesar la abundancia de datos, facilitar el diagnóstico de enfermedades y tomar la decisión de que tratamiento es el adecuado. Actualmente, todo el planeta vive la experiencia de la pandemia provocada por coronavirus (COVID-19). Esta es una enfermedad infecciosa causada por un coronavirus recientemente descubierto. La mayoría de las personas que enferman de COVID-19 experimentan síntomas de leves a moderados y se recuperan sin tratamiento especial. El virus que causa la COVID-19 se transmite principalmente a través de las gotículas generadas cuando una persona infectada tose, estornuda o espira. Estas gotículas son demasiado pesadas para permanecer suspendidas en el aire y caen rápidamente sobre el suelo o las superficies. Para evitar la propagación de este virus es recomendable lavarse las manos con frecuencia, mantener una distancia de seguridad con personas que tosan o estornuden y utilizar mascarilla que cubra completamente nariz y boca. Esta última siendo el foco de este proyecto, es una de las recomendaciones más importantes. La Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ) a través del laboratorio de innovación Intel (ILNet) y en colaboración con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro (ITESM) llevan a cabo el desarrollo del presente proyecto atendiendo a necesidades del sector salud para llevar de forma adecuada los lineamientos de sanidad contra la pandemia actual.

Metodología

El desarrollo de este proyecto se da a través de una línea de aprendizaje como se muestra a continuación.

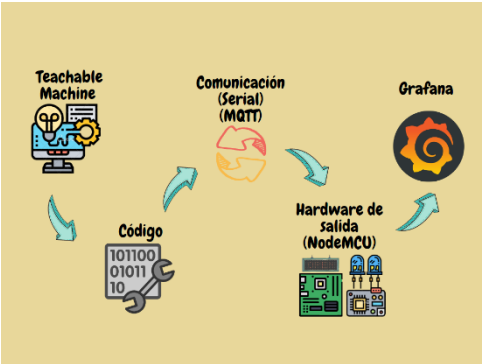


Imagen 1 Línea de desarrollo

El núcleo de este proyecto es un modelo entrenado a través de la plataforma Teachable Machine a partir de los datos adquiridos de imágenes de individuos que portan una mascarilla, que no portan mascarilla y de espacios de análisis vacíos, con el fin de posteriormente hacer una predicción sobre imágenes adquiridas en tiempo real.

Después de obtener un modelo entrenado, el código original es modificado para obtener y enviar los resultados de cada predicción. La comunicación serial es el 21 medio para transportar hacia el módulo wifi los datos de dichos resultados de la clasificación de imágenes dentro del modelo. Los datos recibidos en el módulo o sistema embebido son utilizados para decidir que dato enviar a la base de datos a través de comunicación MQTT. Los datos almacenados en esta base de datos son visualizados en un panel dentro de la plataforma de IoT “Grafana”.

Entrenamiento del modelo

En el primer modelo entrenado en Teachable Machine se asignaron dos clases: una persona no usa mascarilla, 23 asignado con la etiqueta “1”, y la persona porta la mascarilla, asignada con la etiqueta “2”. Cada una de estas clases fue dotada con alrededor de 100 imágenes de mi persona tomadas con la cámara web, con distinta intensidad de luz, movimientos, ángulos del rostro con/sin cubrebocas. El tiempo de entrenamiento para este modelo fue de 20 minutos. Se muestra a

continuación en la imagen 2 dicho entrenamiento.

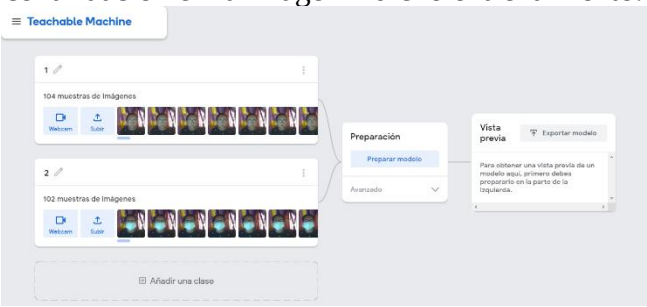


Imagen 2 Modelo versión uno

En esta plataforma el medio para conocer qué es lo que está identificando el modelo es una barra de porcentaje para cada una de las clases. La barra se muestra mayormente llena si está identificando el objeto aprendido. Los resultados de las pruebas de este primer modelo fueron satisfactorios, al poner mi rostro sin cubrebocas frente a la cámara, mostro llena la barra con la etiqueta "2" y en el caso contrario al colocar mi rostro portando el cubrebocas la barra que se llenó fue con la etiqueta "1". El tiempo entre una predicción y otra fue de 0.5 s. Al termino de las pruebas obtuvimos aprendizajes negativos de esta primera versión:

- El modelo puede identificar a una persona con/sin cubrebocas, pero, puede identificar solo a la persona que aparece en las imágenes que se utilizaron en el entrenamiento.
- El modelo identifica que la persona porta el cubrebocas únicamente si esta persona usa el mismo diseño de cubrebocas que se utilizó durante el entrenamiento.
- La luminosidad durante las pruebas influyo para incrementar o decrementar el tiempo entre una predicción y otra, lo que conlleva a un menor porcentaje de confiabilidad.

Entonces, gracias a estos aprendizajes se elaboró un segundo modelo. Para esta segunda versión se agregaron 50 fotografías más con distintas posiciones y con otros diseños de cubrebocas distintos. Se realizaron nuevas pruebas para conocer si estos cambios afectaban el resultado. Al terminar las pruebas correspondientes se pudo notar que el tiempo de respuesta entre una predicción y otra era más corto, por lo tanto, el cambio fue positivo. Por otra parte, se intentaron pruebas con una persona distinta y el resultado fue desfavorable. El modelo mostró complicaciones para decidir si la persona portaba o no el cubrebocas.

Así que para la tercera versión del modelo se hicieron nuevos cambios. Se agregaron más fotografías, pero esta vez estas imágenes fueron de otra persona, en distintas posiciones y ángulos, con/sin cubrebocas. Los resultados de las pruebas para esta versión mejoraron en comparación con las anteriores. Ahora el modelo lograba identificar a más de una persona con características similares.

En una nueva versión, para un aprendizaje más amplio, se agregaron imágenes nuevas de personas de distinto género; 3 hombres y 2 mujeres. Las fotografías de estas personas fueron tomadas en distintas posiciones y en distintos fondos. Después de realizar las pruebas se confirmó la hipótesis de que entre más personas se agreguen al aprendizaje del modelo, este se volverá más preciso y el tiempo de respuesta será más corto. Aunque, por otra parte, durante las pruebas se encontró un nuevo detalle que podría entorpecer las predicciones. Cuando en el espacio de identificación no había ninguna persona, el modelo no sabía cómo clasificar esa imagen, así que arrojaba un resultado erróneo.

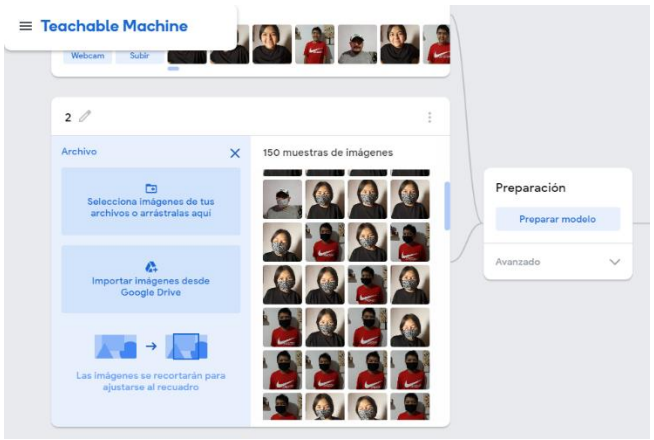


Imagen 3 Muestras clase dos

En una cuarta y última versión, se agregó una nueva ramificación con la etiqueta "3", en esta

clase se agregaron imágenes de espacios vacíos o sin personas, con la finalidad de que cuando el modelo se ejecute y no haya ninguna persona que identificar, también lo notifique.

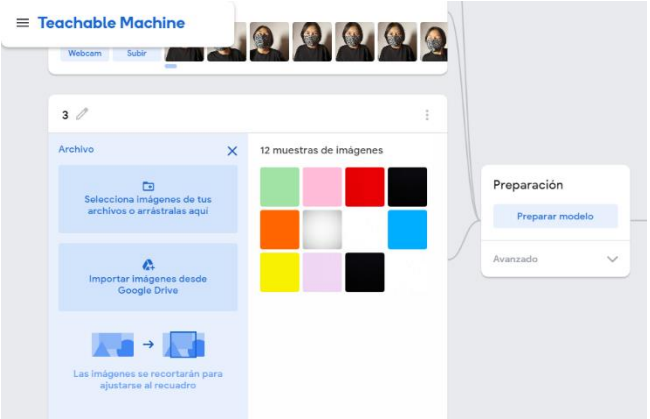


Imagen 4 Versión cuatro, clase 2

A continuación, se presenta un cuadro comparativo desde la primera versión del modelo hasta la última y actual versión.

Tabla 1 Comparación de versiones

Versión	*Características especiales en el aprendizaje*	*Pruebas exitosas respecto al total*
1	Dos clases, con/sin cubrebocas	20/30
2	Una persona, distintos diseños de cubrebocas.	25/30
3	Dos personas, mismo género.	26/30
4	Tres personas hombres y dos mujeres. Fondo claro.	28/30
5	Se agrega una tercera ramificación que representa el espacio vacío.	28/30

Adaptación de código raíz

Después de obtener el modelo en Teachable Machine, el siguiente paso fue exportar el modelo. Esta plataforma tiene distintas formas de exportar el modelo, una herramienta es almacenar el modelo en la nube generando una URL para utilizarlo en cualquier proyecto. Teachable Machine genera un código general en lenguaje Java Script que puede ser exportado. Tomamos el código para modificarlo en el editor p5.js. que se ejecuta en línea. En este programa agregamos el link del modelo entrenado para que las predicciones se basen en esa estructura.

Ya que, dependiendo de los resultados de las predicciones, habrá acciones que posteriormente se mostrarán en una interfaz gráfica, utilizamos el protocolo de comunicación serial. Para esto agregamos a la programación el puerto por el que se dará la comunicación con el hardware de salida que en este caso es un módulo Wifi Esp8266.

Para disminuir el error en las predicciones que hace el modelo, incluimos un parámetro más en el código y este es, el porcentaje de confianza que muestra la predicción. Los resultados de las predicciones los mandará por el serial solo si el nivel de confianza está por encima del 90% de seguridad de que la predicción es la correcta.

```
if((carpeta == "with")||(carpeta == "without")||(carpeta == "processing")||(carpeta == "neutro"))
{

  var query = "INSERT INTO `admin_ale`.`ale` (`"+carpeta+"`) VALUES ('"+value+"');";
  con.query(query, function (err, result, fields) {
    if (err) throw err;
    console.log("Fila insertada correctamente en ale");
  });
}
else if(carpeta == "contador")
{
  contador = 0;
  total = 0;
  console.log("borraste el contador y el total");


  var query = "INSERT INTO `admin_ale`.`ale_counter` (`counter`) VALUES ('"+contador+"');";
  con.query(query, function (err, result, fields) {
    if (err) throw err;
    console.log("valores borrados en la base ale_counter");
  });

  var query = "INSERT INTO `admin_ale`.`ale_total` (`total`) VALUES ('"+total+"');";
  con.query(query, function (err, result, fields) {
    if (err) throw err;
    console.log("valores borrados en la base ale_total");
  });



}
```

Imagen 5 Código raíz

Programación de hardware de salida

Posterior a realizar la modificación en p5.js, se desarrolló el programa para el módulo ESP8266 en el IDE de Arduino.

La secuencia que estas instrucciones realizan es primero preguntar si hay un dato en el serial, si es así analizará que dato es y a partir de este decide cual caso es el adecuado. Si el dato es un "1", entonces el tópico que actualizará en la base de datos es "ale/without" lo que representa que una persona no porta la mascarilla. Lo mismo sucede con los otros casos. Si el dato es "2", la persona si porta mascarilla; si el dato es "3", entonces no hay nadie en el espacio; finalmente, si el dato es un "4", se refiere a que el modelo continúa haciendo el análisis ya que el porcentaje de confianza es bajo.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

const char* ssid = "e6c65c";
const char* password = "273928080";
const char* mqtt_server = "graycloud.gq";
const int mqtt_port = 1883;
const char* mqtt_user = "admin_ale";
const char* mqtt_pass = "imperio";

void setup_wifi() {

  delay(10);
  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
```

```
void loop() {

  if(!client.connected()){
        reconnect();
        }

  while (Serial.available()>0){
        result = Serial.read();
        Serial.println(result);
        switch (result){
        case '1':
          digitalWrite(13,HIGH);
          digitalWrite(12,LOW);
          client.publish("ale/without", "1");
          Serial.println("No usa mascarilla");
          break;
          case '2':
          digitalWrite(12,HIGH);
          digitalWrite(13,LOW);
          client.publish("ale/with","1");
          Serial.println("Usa mascarilla");
          break;
         case '3':
          digitalWrite(12,LOW);
          digitalWrite(13,LOW);
          client.publish("ale/neutro", "1");
          Serial.println("Sin identificar");
```

Imagen 6 Programación Arduino

Base de datos

Se instala el gestor Heidi SQL, que administra y estructura la base de datos tipo MySQL. Se determina el uso de tres tablas, cada una con un identificador, la fecha de registro, y el dato obtenido. Cuando se tiene acceso a la base de datos, se ejecutan consultas por medio de nodeJs.

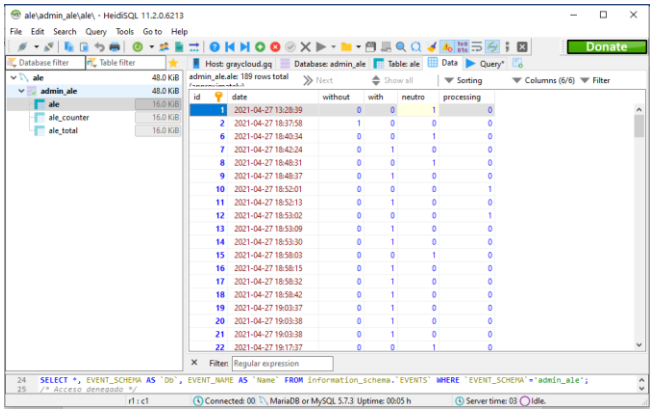


Imagen 7 Base de datos

Programación interfaz visual

La interfaz de visualización para los datos generados por este proyecto es Grafana. Y para que esto sea posible se creó un dashboard especial en esta plataforma. Para el estado de cada variable del reconocimiento se agregaron al panel visualizadores del tipo de de barras. Y para los contadores visualizadores de tipo numéricos.

Para cada elemento del panel de visualización se hizo una configuración que hace que se relacione directamente a los datos de cada variable almacenada en la base de datos como se muestra a continuación.

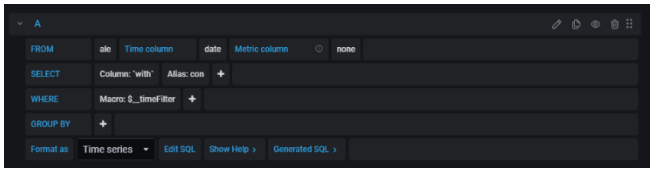


Imagen 8 Configuración elemento Grafana

Se selecciona la base de dato donde se alojan todas las variables y posteriormente se selecciona la columna donde se encuentran los datos de la variable especifica.

El panel con todos los elementos agregados y configurados de acuerdo a las variables correspondientes, es el siguiente.

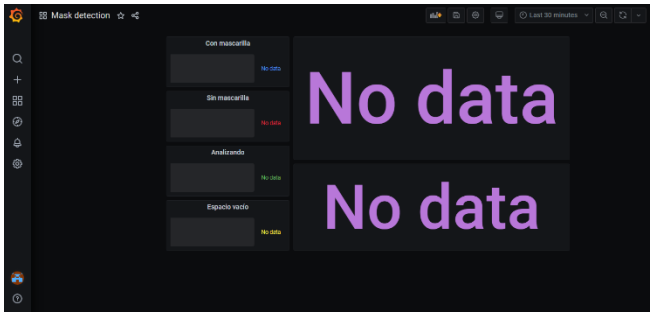


Imagen 9 Panel Grafana

Resultados

El resultado de este proyecto es un sistema de visión que identifica si una persona está portando o no un cubrebocas, además de identificar si hay o no una persona en el espacio de análisis. Se llevan a cabo dos cuentas a partir de las predicciones, la primera cuenta el número de personas registradas con cubrebocas y la segunda muestra el total de personas registradas con y sin cubrebocas. Estos datos se muestran a través de un panel de visualización diseñado en la plataforma Grafana.

A continuación, se presenta el panel donde se visualiza la salida de la cámara y el resultado de la predicción en el panel de Grafana.

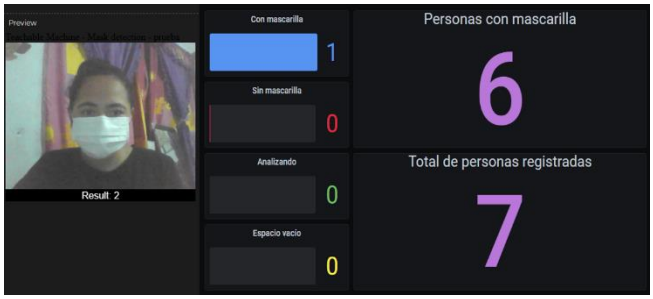


Imagen 10 Predicción acertada

Discusión y conclusiones

El objetivo inicial del proyecto era desarrollar un sistema de visión que identifique si una persona porta mascarilla o no al momento del análisis frente a la cámara. Al aplicar cada una de las fases para el desarrollo de este proyecto se obtuvo un sistema de visión con inteligencia artificial que identifica si una persona está usando una mascarilla, como lo marcan las recomendaciones sanitarias de la OMS con el fin de aminorar los contagios durante la pandemia del COVID19. Las recomendaciones al término de este proyecto para futuras versiones son, entrenar al modelo de identificación con muestras de imágenes variadas en cuanto a género de personas, diseño de mascarillas, posiciones del rostro, entre otras., es decir, darle la posibilidad de aprender más para ser cada vez más preciso y eficiente. En cuanto a las acciones de salida, las opciones para desplegar una alarma son variadas, por ejemplo, bloquear el acceso al establecimiento, activar una alarma en forma de sonido, enviar un mensaje de alerta a alguna autoridad, esto dependerá principalmente del entorno fijo donde se aplique este proyecto.

Referencias bibliográficas

Iberdola, S.A. (2021). ¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial? Obtenido de https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial

IBM Cloud Education. (15 de Julio de 2020). *IBM*. Obtenido de Machine Learning: https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning

SAS Institute Inc. (2021). *Artificial Intelligence*. Obtenido de https://www.sas.com/es_mx/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html

The Insitute for Family Healt. (2021). *Important information about COVID-19*. Obtenido de https://institute.org/covid19/

World Healt Organization. (2021). *Coronavirus disease (COVID-19) pandemic*. Obtenido de https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019

National Geographic. (14 de Mayo de 2020). *Grandes pandemias de la historia*. Obtenido de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/grandes-pandemias-historia_15178

Análisis a la radiación del fondo cósmico de microondas usando modelos cosmológicos

Autor: Durán-Martínez Samuel[1*]

Asesor: Hernández-Almada Alberto[1**]

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería - Campus Aeropuerto, C.P. 76140, Querétaro, Qro.

[*]sduran26@alumnos.uaq.mx

[**]ahalmada@uaq.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta un ajuste numérico a los parámetros de dos modelos cosmológicos de energía oscura con los objetivos de ajustar los datos observados al modelo y estudiar la curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas para analizar el cambio en los picos del espectro de temperatura. Los datos observados son mediciones directas del parámetro de Hubble junto a muestras obtenidas por oscilaciones acústicas de bariones y se implementan en los modelos, los cuales ajustan la curva y minimizan los parámetros para implementarlos en el código CLASS cuyo objetivo principal es el análisis del espectro de radiación angular y al compararlos con datos del satélite Planck 2015-2018. Los cambios presentados en los picos de la curva se relacionan directamente con la cantidad de materia contenida en el universo y con el parámetro de expansión de Hubble. Por último, la estimación resulta ser una buena primera aproximación obteniendo errores en los parámetros inferiores al 5%.

Palabras clave: *Modelos cosmológicos, fondo cósmico de microondas, materia oscura.*

ABSTRACT

In this work a numerical adjustment to the parameters of two cosmological models of dark energy is presented with the objectives of obtain the best fit curve with the observed data to the model and study the anisotropy curve of the cosmic microwave background analyzing the change in the peaks of the temperature spectrum. The observed data are direct measurements of the Hubble parameter and samples obtained by acoustic oscillations of baryons, they are implemented in the models, which adjust the curve and minimize the parameters to implement them in the CLASS code whose main objective is the analysis of the spectrum of angular radiation and is compared with data from the Planck satellite 2015-2018. The changes presented in the peaks of the curve are directly related to the amount of matter contained in the universe and to the Hubble expansion parameter. Finally, the estimate turns out to be a good first approximation, obtaining errors in the parameters of less than 5%.

Keywords: *Cosmological models, cosmic microwave background, dark matter.*

INTRODUCCIÓN

Una evidencia observacional muy importante en cosmología es que todo el universo parece alejarse de nosotros y entre más lejos esté el objeto más rápido parece alejarse (Riess, y otros, 1998), dicha velocidad es medida en función del corrimiento al rojo y se estudia bajo una solución a las ecuaciones de campo de la relatividad general conocida como la ecuación de Friedmann (Liddle, 2015). Esta ecuación es la más importante en la cosmología ya que describe la expansión acelerada del universo (Matos, 2003) y se plantea bajo la combinación de la homogeneidad e isotropía del universo junto al principio cosmológico.

Históricamente la ecuación de Friedmann se derivó a partir de las ecuaciones de la relatividad general cuya ecuación de campo es dada por:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu} \quad (1)$$

Donde $G_{\mu\nu}$ es conocido como el tensor de Einstein que contiene implícitamente el tensor de Ricci $(R_{\nu\mu})$, el escalar de Ricci (R) y el tensor métrico $(g_{\nu\mu})$. Por otra parte, del lado izquierdo de la igualdad se encuentra la constante de gravitación universal G y el tensor de energía-momento $(T_{\nu\mu})$ (Motta, García-Aspeitia, Hernández-Almada, Magaña, & Verdugo, 2021), dichos componentes contienen información como la métrica, densidad, presión, velocidades del medio (Romeu, 2014) para obtener la ecuación de Friedmann adimensional dada por:

$$E(z)^2 = \left(\frac{H(z)}{H_0}\right)^2 = \sum_i \Omega(z)_i \quad (2)$$

Donde $\Omega(z)_i$ se conoce como el parámetro de densidad en función del corrimiento al rojo. Actualmente se han propuesto distintos modelos en base a la ecuación de Friedmann para poder explicar la curva de expansión del universo con distintas hipótesis respecto al contenido del universo con el fin de ajustar los datos observados a los modelos teóricos planteados (Matos, 2008). Una de estas hipótesis es la existencia de la materia oscura la cual se caracteriza por no emitir luz ni interactuar con la materia bariónica, además, no tiene carga por lo que no puede radiar energía, y al no detectar una temperatura T se considera que es fría. Este tipo de materia se sustenta en la observación de la radiación del fondo de microondas descrita por un espectro de fluctuaciones de radiación cuyos picos describen el contenido total de materia del universo. Dentro del espectro destacan tres picos principales, el primero muestra que el universo es geométricamente plano, el segundo pico representa que la materia ordinaria abarca el 5% de toda la materia y energía del universo y por último el tercer pico muestra que el 26% del universo consiste en materia oscura (Matos, 2003).

Las anisotropías de temperatura de fondo cósmico de microondas han revolucionado y seguirán revolucionando la comprensión de la cosmología. El descubrimiento de los picos acústicos previamente predichos en el espectro de potencia ha establecido un modelo cosmológico funcional con densidad crítica que consta principalmente de materia oscura y energía oscura cuya estructura se formó a través de la inestabilidad gravitacional a partir de fluctuaciones cuánticas durante una época inflacionaria. La fenomenología y las implicaciones cosmológicas de los picos acústicos presentan oportunidades para estudiar la inflación y energía oscura (Hu & Dodelson, 2002) por lo que este artículo tiene como objetivo principal estudiar estos picos mediante ajustes a los parámetros de los modelos de energía oscura ΛCDM y ωCDM y compararlos con los datos Planck 2015-2018.

METODOLOGÍA

Para estudiar la expansión del universo con el uso de modelos cosmológicos y la radiación cósmica de microondas es necesario usar datos observacionales obtenidos por el satélite Planck en los años 2015 y 2018. La principal herramienta a utilizar es el lenguaje de programación Python en el cual se analizará los parámetros de los modelos cosmológicos con la librería iminuit (Dembinski & Ongmongkolkul, 2020) desarrollada en el CERN la cual resulta de ayuda al ajustar los datos con métodos de minimización de funciones y estimación de error en parámetros. Por otro lado, para estudiar CMB es necesario usar un código llamado CLASS (Lesgourgues, 2019) cuyo propósito es simular la evolución de perturbaciones

lineales en el universo y calcular los observables de estructura a gran escala.

a) Análisis de modelos cosmológicos

Espacialmente para un universo tipo FRW (métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson Walker) (Weinberg, 1972) los modelos de energía oscura a partir de la ecuación de Friedmann toman la forma (Xu & Zhang, 2016):

$$E(z)^2 = \left(\frac{H(z)}{H_0}\right)^2 = \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_r(1+z)^4 + (1-\Omega_r-\Omega_m)f(z) \quad (3)$$

donde $f(z)$ es una función que contiene los diferentes parámetros de cada modelo de energía oscura. Para el modelo ΛCDM se tiene la función

$$E(z)^2 = \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_r(1+z)^4 + (1-\Omega_r-\Omega_m) \quad (4)$$

Y para el modelo ωCDM se tiene

$$E(z)^2 = \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_r(1+z)^4 + (1-\Omega_r-\Omega_m)(1+z)^{3(1+\omega)} \quad (5)$$

b) Ajuste de datos

Mediante el uso de iminuit se realiza una aproximación a los parámetros de los modelos cosmológicos ΛCDM y ωCDM ajustando los datos obtenidos (Magaña, Amante, Miguel, & Motta, 2018) con la ecuación de Friedmann de cada modelo (Xu & Zhang, 2016). Estos datos son una compilación de observaciones al parámetro de Hubble (ODH) y consiste en 51 mediciones en un rango al corrimiento al rojo de $0.07 < z < 2.36$, de la muestra total, 31 muestras fueron obtenidas a través del método de edad diferencial (Jimenez & Loeb, 2002), esta técnica compara las edades de las galaxias de tipo temprano con un diferencial de distancia Δz y bajo la ecuación

$$H(z) = -\frac{1}{(1+z)}\frac{dz}{dt} \quad (6)$$

Por otra parte, las 20 muestras restantes fueron obtenidas mediante oscilaciones acústicas de bariones, las cuales son obtenidas mediante

$$H(z)_{true} = \frac{r_{BAO}}{r_{WMAP}} H(z)_{ref} \quad (7)$$

donde $H(z)_{ref}$ es el modelo de referencia con el cual se estima la escala aparente de las oscilaciones acústicas de bariones r_{BAO}, y r_{WMAP} es la escala acústica inmovilizada obtenida de la radiación de fondo cósmico de microondas (Gaztañaga, Cabré, & Hui, 2009).

Se usa la estadística χ^2 para ajustar cada modelo cosmológico cuya función es definida por

$$\chi^2 = \frac{\xi_{th} - \xi_{obs}}{\sigma_\xi^2} \quad (8)$$

Donde ξ_{obs} son los datos experimentales, ξ_{th} son los valores teóricos del modelo y σ_ξ^2 es la desviación estándar. Esta función está presente en los distintos tipos de datos por lo que funciona como una superposición

$$\chi^2 = \sum_\xi \chi_\xi^2 = {\chi_{\mathrm{BAO}}}^2 + {\chi_{\mathrm{H_0}}}^2 \quad (9)$$

c) Modificación del código CLASS

Una vez obtenido el ajuste de los parámetros h, ω y Ω_m de cada modelo los compararemos con los datos Planck 2015 y Planck 2018 en el código CLASS. Dentro de este código sustituimos los valores h, ω y Ω_m, además, ajustamos los porcentajes de materia bariónica y materia oscura respecto al parámetro Ω_m de tal forma que sea consistente con las investigaciones actuales, las cuales señalan un 5% de materia bariónica en el universo (Xu & Zhang, 2016). Al modificar los parámetros de los modelos la curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas cambia, por tanto, se analizarán las principales diferencias para analizar su comportamiento.

RESULTADOS

El ajuste de los datos cosmológicos (Magaña, Amante, Miguel, & Motta, 2018) al modelo teórico viene representado por una curva de expansión representada en la figura 1 y describe una minimización de los parámetros de cada modelo, es importante mencionar que para el modelo ΛCDM solo hay dos parámetros en la ecuación de Friedmann los cuales son implícitamente h y Ω_m correspondientes al parámetro de Hubble relacionado a la tasa de expansión del universo y al parámetro de densidad. Para el modelo ωCDM los parámetros son h, ω y Ω_m siendo ω un parámetro representado con una constante en el modelo.

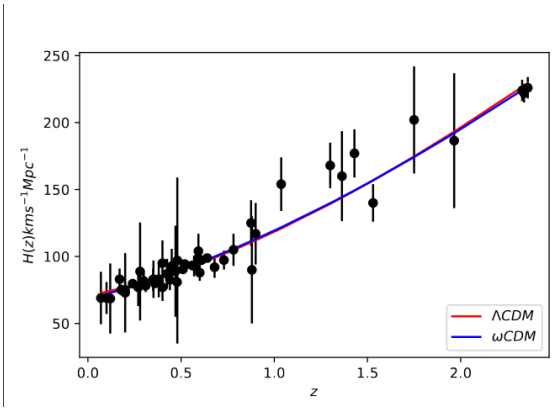


Figura 1: *Ajuste a la curva de expansión de la función H(z) para los modelos ΛCDM y ωCDM (elaboración propia).*

Los parámetros de los modelos se correlacionan entre sí por lo que pueden tener distintos posibles valores y se representan mediante contornos de verosimilitud con rangos de confianza de 1σ-3σ, en la figura 2 se presenta el contorno para el modelo ΛCDM cuyos parámetros fueron $\Omega_m = 0.2576$ y $h = 0.7071$.

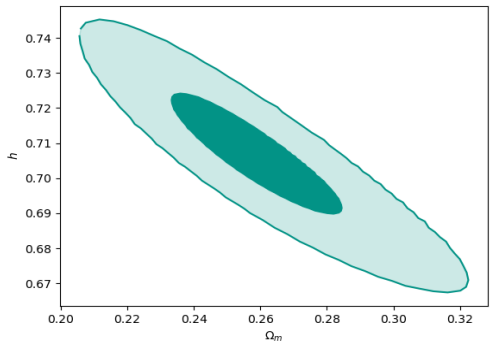


Figura 2: *Contornos de confianza del 68.3% y 99.9% para los parámetros $\Omega_m - h$ del modelo ΛCDM (elaboración propia).*

Para el modelo ωCDM al tener tres parámetros entonces se obtuvieron dos contornos representados en la figura 3 y los valores fueron $\Omega_m = 0.2599$, $h = 0.6811$ y $\omega = -0.86$ respectivamente.

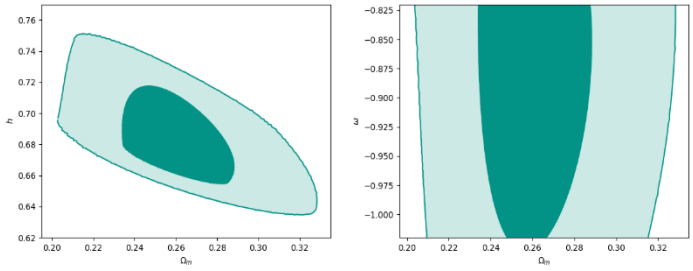


Figura 3: *Contornos de confianza del 68.3% y 99.9% para los parámetros $\Omega_m - h$ (izquierda) y $\Omega_m - \omega$ (derecha) del modelo ωCDM (elaboración propia).*

Al cambiar el parámetro h podemos observar en la figura 4 y 5 que las curvas se desplazan a la izquierda o a la derecha, por otra parte, la curva que se obtuvo con los parámetros ajustados mediante iminuit cambian significativamente en la altura del pico principal respecto a los picos que se obtienen del

satélite Planck. En los espectros viene implícitamente el cambio en el parámetro Ω_m por lo que mediante el ajuste de los parámetros se obtuvo un total de 25.7651% de materia existente en el universo para el modelo ΛCDM y de 25.99% para el modelo ωCDM de los cuales 5% se definió como materia bariónica y el resto como materia oscura, por tanto, a diferencia de los datos del satélite Planck (donde hay 5% de materia bariónica y 24% de materia oscura) los cambios más significativos se encuentran en los primeros tres picos. En el primer pico se deduce que hay una variación pequeña en la geometría plana del universo debido al cambio de la altura del pico, por otro lado, el segundo pico representa la cantidad de materia ordinaria o bariónica del universo y, por último, el tercer pico define el porcentaje de materia oscura, por lo que al estar desplazada la gráfica a la derecha respecto a los datos Planck se comprueba la variación en la materia calculada en el ajuste, dicho esto, el cambio representa una variación en el momento multipolar del espectro de radiación angular.

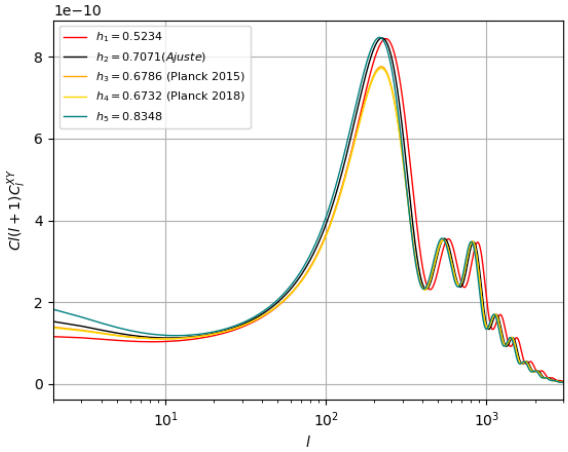


Figura 4: *Curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas con distintos valores de h para el modelo ΛCDM (elaboración propia).*

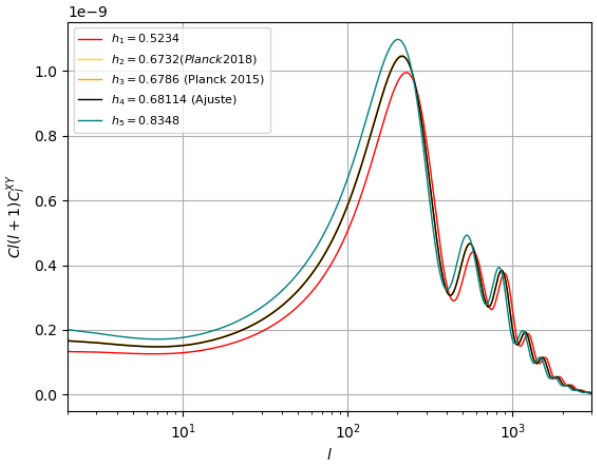


Figura 5: *Curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas con distintos valores de h para el modelo ωCDM (elaboración propia).*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este proyecto se cambiaron los parámetros que contienen dos modelos cosmológicos para observar un cambio en la curva de anisotropía del fondo cósmico de microondas, dichos ajustes hacen que la curva del fondo cósmico se vea desplazada a hacia la derecha con un cambio en la altura de los tres picos principales los cuales representan la geometría y materia del universo respectivamente. Este desplazamiento se debe al cambio simultáneo entre la materia y el valor de h los cuales sugieren una variación en el momento multipolar del espectro de radiación angular el cual es una variación en la forma de medir este espectro relacionado a la temperatura.

La aproximación a los modelos ΛCDM y ωCDM es efectiva ya que poseen un margen de error inferior al 5% y el costo computacional es mínimo, es importante ya que podría servir para realizar primeras aproximaciones con otros modelos cosmológicos para descartar anomalías antes de llevar el análisis al cómputo de alto desempeño y poder ahorrar recursos del centro de investigación.

REFERENCIAS

Dembinski, H., & Ongmongkolkul, P. (2020). scikit-hep/iminuit. Zenodo. doi:10.5281/zenodo.4310361

Gaztañaga, E., Cabré, A., & Hui, L. (2009). Clustering of luminous red galaxies – IV. Baryon acoustic peak in the line-of-sight direction and a direct measurement of H(z). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 399*(3), 1663-1680. doi:10.1111/j.1365-2966.2009.15405.x

Hu, W., & Dodelson, S. (2002). Cosmic microwave background anisotropies. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 40*(1), 171-216. doi:arXiv:astro-ph/0110414

Jimenez, R., & Loeb, A. (2002). Constraining Cosmological Parameters Based on Relative Galaxy Ages. *American Astronomical Society, 573*(1), 37-42. doi:10.1086/340549

Lesgourgues, J. (2019). *CLASS (the Cosmic Linear Anisotropy Solving System)*. Obtenido de https://lesgourg.github.io/class_public/class.html

Liddle, A. (2015). *An Introduction to Modern Cosmology.* England: John Wiley & Sons.

Magaña, J., Amante, M., Miguel, G.-A., & Motta, V. (2018). The Cardassian expansion revisited: constraints from updated Hubble parameter measurements and type Ia supernova data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 476*(1), 1036-1049.

Matos, T. (2003). Formación de la estructura del univero. *Revista Mexicana de Física, 49*, 16-25.

Matos, T. (2008). La materia oscura del universo: retos y pespectivas. *Revista Mexicana de Física, 54*, 193-202.

Motta, V., García-Aspeitia, M. A., Hernández-Almada, A., Magaña, J., & Verdugo, T. (2021). Taxonomy of Dark Energy Models. *Universe, 7*(6), 163. doi:arXiv:2104.04642

Riess, A. G., Filippenko, A. V., Challis, P., Clocchiatti, A., Diercks, A., Garnavich, P. M., & ... & Tonry, J. (1998). Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. *The Astronomical Journal*.

Romeu, J. A. (2014). Derivation of Friedmann Equations.

Weinberg, S. (1972). *Gravitation and cosmology: principles and applications of the general theory of Relativity.* New York: John Wiley & Sons.

Xu, Y.-Y., & Zhang, X. (2016). Comparison of dark energy models after Planck 2015. *The European Physical Journal C, 76*, 1-15. doi:https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4446-5

Fuente de excitación luminosa para sistemas detectores de luz

Ari Axel Gutiérrez-Gil*, Paola Dhamar Gómez-Barrales, Mónica Balvanera Ortuño-López, Yolanda Jiménez-Flores**.

Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Querétaro
* *l18140538@queretaro.tecnm.mx*
** *yolanda.jf@queretaro.tecnm.mx*

Resumen

Se desarrolló una fuente de excitación luminosa por un método sencillo y con bajos requerimientos de infraestructura, mediante el diseño y elaboración de un circuito, a partir de cálculos de los elementos necesarios para que un regulador de voltaje entregue un voltaje variable en un intervalo en función la carga luminosa de un LED. Se llevó a cabo una simulación en *NI MultiSim™ 14.0*, para la simulación para determinar la capacitancia de los capacitores implantados en el circuito. Con base en los resultados queda demostrado que se puede elaborar un circuito electrónico para una fuente estable de excitación más sostenible.

Palabras clave: Espectrofotometría, sistema de excitación, dispositivo luminoso.

Abstract

A light excitation source was developed by a simple method and with low infrastructure requirements, through the design and elaboration of a circuit, from calculations of the necessary elements for a voltage regulator to deliver a variable voltage in an interval depending on the luminous charge of a LED. A simulation was carried out on *NI MultiSim™ 14.0* to determine the capacitance of the capacitors implanted in the circuit. Based on the results, it is demonstrated that an electronic circuit can be elaborated for a stable source of more sustainable excitation.

Keywords: Spectrophotometry, excitation system, luminous device.

Introducción

Uno de las técnicas más sencillas, accesibles y útiles para la caracterización óptica de los materiales, y para estudio cualitativo y cuantitativo de las sustancias, es la espectroscopía ultravioleta-visible. Se pueden identificar y cuantificar materiales sólidos o líquidos transparentes directamente o como moléculas en solución con el empleo de reactivos específicos que reaccionan con el compuesto a analizar y forman un producto coloreado que permite detectarlo en muestras complejas (Díaz et al., 2010).

Un espectrofotómetro es un instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra. Los instrumentos espectroscópicos característicos incluyen cinco componentes: 1. Fuente estable de energía radiante; 2. Recipiente transparente para contener la muestra; 3. Dispositivo que aislé una región restringida del espectro para la medida; 4. Detector de radiación y 5. Sistema de procesamiento (Skoog et al., 2008).

Con el enorme desarrollo reciente de la tecnología de diodos luminosos (LED), estos dispositivos son ahora opciones ventajosas tanto en las aplicaciones cotidianas como en las científicas. Los LEDs son relativamente baratos y están disponibles en una serie de variedades casi monocromáticos y de amplio espectro. Aunque hay ejemplos de uso de LEDs con fines fotoquímicos, su potencial en este sentido probablemente no se aprovecha del todo en la actualidad (Gombár et al., 2012). En los trabajos de (Hauser et al., 1995) y (Yeh & Tseng, 2006) describen un espectrofotómetro de medición de absorbancia que utiliza siete LEDs de diferentes colores. Un sistema de sistema de análisis de inyección de flujo, que involucra sólo tres LEDs de longitudes de onda de 430 nm, 565 nm y 625 nm.

En este trabajo se diseñó una fuente de radiación monocromática que se compone de un conjunto de

elementos electrónicos con la potencia suficiente para perturbar un material con luz enfocada. La fuente incluye un Diodo Emisor de Luz (LED) del ultravioleta (UV) que pueda excitar los estados energéticos de este material.

Metodología

La fuente de radiación diseñada consta de una fuente de alimentación primaria de 7.1 V y para que el encendido de un LED fuera posible, a la salida se instaló un circuito regulador capaz de ajustar el voltaje de 4.1-5 V.

Se empleó un interruptor que permite el encendido y/o apagado del circuito regulador, así como de la carga luminosa. Así mismo se utilizó un regulador LM350T, un regulador de voltaje capaz de regular entre 1.25V – 33V a 3A. Para que regulador entregara el intervalo de voltaje deseado fue necesario colocar un arreglo de resistencias debidamente calculadas.

Se utilizaron capacitores y diodos con el propósito de proteger el circuito; el capacitor C1 (capacitor de 10uf) fue usado debido a que la corriente de ajuste oscilaba poco, esto debido a que R2 es una resistencia variable. El capacitor C2 fue de uso opcional (capacitor de 25uf), el fabricante recomienda colocarlo en caso de que existan oscilaciones por circuitos de carga que estén conmutando el voltaje de salida, lo que puede deberse al uso de transistores. Es recomendable colocar este capacitor en caso de contar con cargas inductivas en el circuito, pues estas pueden inducir un voltaje que dañe al regulador antes mencionado. Al descargarse C1 y C2, por la ausencia de voltaje los diodos D1 y D2 funcionan como camino de descarga de ambos capacitores, evitando el daño en el regulador cuando el circuito se apaga. Las capacitancias de los capacitores se propusieron con base en observaciones de una simulación llevada a cabo en NI MultiSim™ 14.0. Finalmente, el voltaje regulado es utilizado por el LED.

En la figura 1 se muestra el diagrama electrónico del circuito desarrollado.

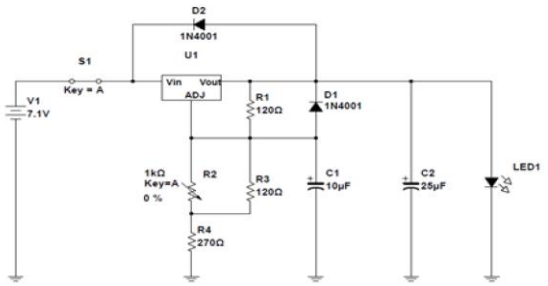


Figura 1 Esquemático electrónico del diseño para la fuente luminosa (Elaboración Propia).

Resultados

En la tabla 1 se especifican las corrientes y voltajes de operación del LED-LASER: PLPT5 450KA.

Tabla 1.- Corriente y voltajes de operación de LED-LASER: PLPT5 450KA (Can & Information, 2020).

Corriente de operación	
Valor típico	**Valor máximo**
1.5 A	**1.7 A**
Voltaje de operación	
Valor típico	**Valor máximo**
4.1 V	**5.0 V**

Según lo observado en la hoja de datos del regulador de voltaje LM350T este tiene una entrada/salida de voltaje (VI-VO) de 3 V – 35 V. La mínima corriente de carga para mantener la regulación (VI-VO) es de 10 mA la cual está en función al valor de la resistencia R1 (Factor, 1996).

La figura 2 muestra el esquemático elaborado para el análisis de voltajes y corrientes.

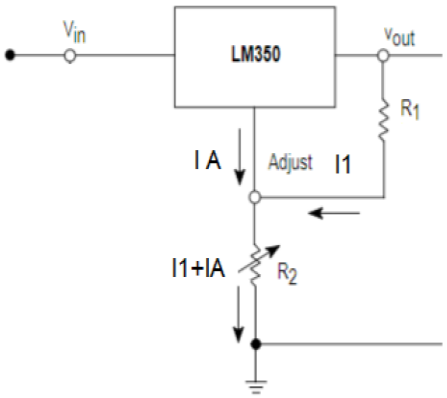


Figura 2 Esquemático de análisis (Elaboración Propia).

El datasheet del LM350 reporta que él $V_A - V_{out}$ (V_{REF}) = 1.25V (Factor, 1996). Entonces cálculo del valor de voltaje de salida, que:

(1)

$$V_{out} = 1.25 + I_1 R_2 + I_A R_2 \quad \text{Por ley de ohm } V_{out} = 1.25 + \frac{1.25V}{R1} R2 + I_A R_2 = 1.25\left(1 + \frac{1}{R_1} R_2\right) + I_A R_2 \quad \therefore V_{out} = 1.25\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_A R_2$$

Se selecciona la resistencia R1 de tal manera que la corriente I1 sea mayor a IA y con ello despreciar dicha corriente.

Por la hoja de datos del regulador (Factor, 1996), se tiene que la corriente del pin de ajuste (IA) oscila entre 50 uA y 100 uA, para que dicha corriente sea despreciable se recomienda multiplicarla por un factor de 100 y el resultado deberá ser igual a la corriente que se debe tener en I1, de tal manera, que:

$$I_1 = 100\left(I_A\right) = 100\left(100\mu A\right) = 10mA \tag{2}$$

La ecuación para encontrar el voltaje de salida queda de la siguiente forma:

$$V_{out} = 1.25\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \tag{3}$$

Realizando el cálculo para la Resistencia R1:

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I_1} = \frac{1.25V}{10mA} = 125\Omega \qquad \therefore \text{ Valor comercial R1=120}\Omega \tag{4}$$

Calculando la potencia disipada por la resistencia se tiene que:

$$P_{R_1} = \frac{(V_{R_1})^2}{R_1} = \frac{(1.25V)^2}{120} = 13mW \qquad \therefore R_1 \text{ es una resistencia de } 120\Omega \text{ a } 1/8\text{w} \tag{5}$$

Realizando el cálculo para la Resistencia R2, se debe tener un intervalo de voltaje el cual para esta aplicación es de 4.1V – 5V, entonces:

$$\text{Despejando } R_2 \text{ de: } V_{out} = 1.25V\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right), \text{ se tiene: } R_2 = R_1\left(\frac{V_{out}}{1.25V} - 1\right) \tag{6}$$

$$\text{Para } V_{out} = 4.1\text{ V}, R_2 = 120\Omega\left(\frac{4.1V}{1.25V} - 1\right) = 273.6\Omega \qquad \therefore \text{Valor comercial } R_2 = 270\Omega$$

$$\text{Para } V_{out} = 5.0\text{ V}, R_2 = 120\Omega\left(\frac{5.0V}{1.25V} - 1\right) = 360\Omega \qquad \therefore \text{Valor comercial } R_2 = 390\Omega$$

Comercialmente no hay potenciómetros que oscilen entre los valores calculados para la resistencia R_2, por lo que fue necesario realizar el arreglo que se muestra en la figura 3. Se propone un potenciómetro de 1 kΩ, debido a los valores de las resistencias obtenidos en (6).

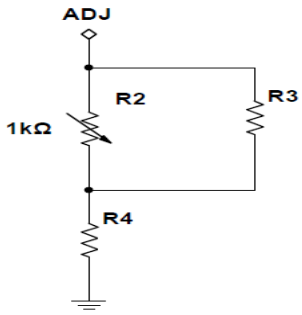


Figura 3 Arreglo de resistencias conectadas a la terminal Ajustable del regulador LM350T. (Elaboración propia).

El valor de la resistencia R4 se determinó a partir de un valor del potenciómetro de cero, y un arreglo paralelo también de cero. Así que, la única resistencia que estará aportando un valor al arreglo será R4, y el valor que se necesita en esta resistencia es el valor mínimo que se encontró en (6), el cual es de 270Ω.

Para R3 será necesario que cuando el valor del potenciómetro sea el máximo, el arreglo en paralelo y sumado con R4, tiene que resultar al valor máximo que se encontró en (6), que es de 390 Ω.

Entonces se realiza el siguiente cálculo para la resistencia R3:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \tag{7}$$

$$\text{Despejando } R_3, \text{ se tiene: } R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_T} - \frac{1}{R_2}}$$

R_T es igual al valor del arreglo cuando el potenciómetro tenga un valor máximo, entonces el valor del arreglo más grande formado por las resistencias R2 y R4 es de 390 Ω. Por lo que:

$$R_T = 390\Omega - 270\Omega = 120\Omega \quad (8)$$

$$\therefore R_3 = \frac{1}{\frac{1}{120\Omega} - \frac{1}{1000\Omega}} = 136.46\Omega \qquad \therefore \text{Valor comercial de } R_3 = 120\Omega$$

Calculando la potencia disipada por las resistencias se tiene:

(9)

Se debe calcular la corriente de R_2 y R_3: $R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5}} = \frac{1}{\frac{1}{1000\Omega} + \frac{1}{120\Omega}} = 107.143\Omega$

$V = I \times R = 10mA \times 107.143\Omega = 1.07143V$

Entonces las corrientes:

$I_{R2} = \frac{1.07143V}{1000\Omega} = 0.00107A,\ I_{R3} = \frac{1.07143V}{120\Omega} = 0.00892A$

Calculando las potencias partiendo de:

$P = I^2 \times R$

$P_{R2} = (0.00107A)^2(1000\Omega) = 0.00114W, P_{R3} = (0.00892A)^2(120\Omega) = 0.009566W$ y $P_{R4} = (0.01A)^2(270\Omega) = 0.027W$

A partir de lo anterior se deduce que:

- $\therefore R_2$ es un potenciometro de 1kΩ a 1/8w
- $\therefore R_3$ es una resistencia de 120Ω a 1/8w
- $\therefore R_4$ es una resistencia de 270Ω a 1/8w

La figura 4 muestra una imagen del circuito en un protoboard, en la cual se puede observar un interruptor (S1); las resistencias R1, R3 y R4; el potenciómetro R2; los diodos D1 y D2; los capacitores C1 y C2; al regulador de voltaje LM350T.

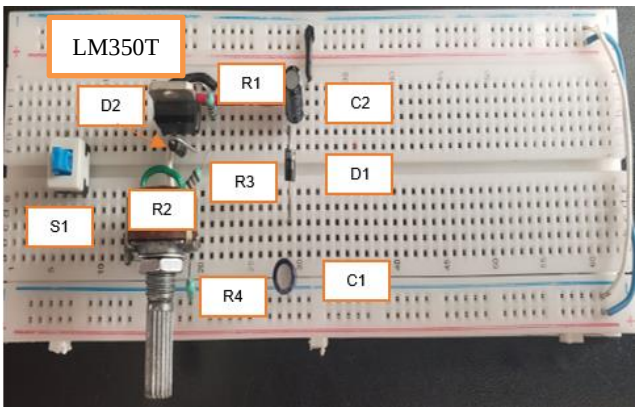


Figura 4 Circuito montado en protoboard (Elaboración propia).

Con los resultados obtenidos podemos garantizar que el diseño de la fuente luminosa para la excitación de las muestras es segura y adecuada para entregar el voltaje y corriente necesarios para encender el LED.

Conclusiones

En este proyecto se propuso el diseño una fuente de excitación luminosa, la cual resulta ser un elemento fundamental para los dispositivos que realizan espectrofotometría. Para el diseño de la fuente se realizó un análisis de voltajes y corrientes de las que depende el funcionamiento del LED. El esquema general de partida de una fuente de excitación no proporciona los datos suficientes, por lo que se implementaron cálculos teóricos para hallar los componentes necesarios para materializarla y garantizar su correcto funcionamiento. Se entendió que existen semiconductores y elementos capacitivos que sirven de protección para el circuito desarrollado.

Esta fuente resultó ser de especial interés, por su sencillez de diseño y requerimientos mínimos de infraestructura y porque podría emplearse en cualquier sistema que requiera de la iluminación de un LED, para cualquier propósito.

Agradecimientos

Al 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.

El presente trabajo fue financiado por el proyecto No. 10363.21-P del TecNM.

Referencias

1. Can, M., & Information, O. (2020). Plpt5 450ka. 1–13.
2. Díaz, N. A., Ruiz, J. A. B., Reyes, E. F., Cejudo, A. G., Novo, J. J., Peinado, J. P., Meléndez-Valdés, F. T., & Fiñana, I. T. (2010). Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *sf http://www. uco. es/dptos/bioquimica-biolmol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETR% C3% 8DA. pdf (último acceso: 9 de febrero de 2016)*.
3. Factor, P. (1996). Plastic Package. 1–16
4. Gombár, M., Józsa, É., Braun, M., & Ősz, K. (2012). Construction of a photochemical reactor combining a CCD spectrophotometer and a LED radiation source. *Photochemical & Photobiological Sciences*, *11*(10), 1592-1595.
5. Hauser, P. C., Rupasinghe, T. W., & Cates, N. E. (1995). A multi-wavelength photometer based on light-emitting diodes. *Talanta*, *42*(4), 605-612.
6. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2008). Principios de análisis instrumental.
7. Wego, A. (2013). Accuracy simulation of an LED based spectrophotometer. *Optik*, *124*(7), 644-649.
8. Yeh, T. S., & Tseng, S. S. (2006). A low cost LED based spectrometer. *Journal of the Chinese Chemical Society*, *53*(5), 1067-1072.
9. Zetina, L. M. M., Polanco, P. P., & Sánchez, M. A. F. Desarrollo de un detector para medir concentraciones de sustancias biológicas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

Inspección de carpeta asfáltica mediante imagen térmica de RPAS.

Autores: Mancilla Barcenas Gabriela[1], Estrada Sierra Francisco Iván[2], Lizardi Maldonado Cesar Aarón[3], Arteaga Badillo Saul[4]
[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. gmancilla17@alumnos.uaq.mx
[2]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. festrada06@alumnos.uaq.mx
[3]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. clizardi15@alumnos.uaq.mx
[4]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. sarteaga19@alumnos.uaq.mx
Asesor: Medellín Aguilar Gerardo[5]
[5]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. gerardo.medellin@uaq.mx

Resumen- El uso de nuevas tecnologías en la ingeniería civil, permite una inspección detallada de los deterioros en las vialidades. Resultando en análisis más precisos de la magnitud de los daños. El Objetivo de esta investigación es presentar un método de estudio en base al uso de RPAS para la detección de deterioros en la capa de rodadura asfáltica en vialidades. Con el fin de que en futuros trabajos se pueda considerar de manera más precisa, si dicha vialidad requiere de mantenimiento o no, a su vez, puede generar un ahorro económico, ya que se reducirán los costos horarios y se tendrá la garantía de que toda la zona será revisada.
Dicho estudio fue realizado en el Campus San Juan del Río (SJR) de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Se realizaron vuelos fotogramétricos y termográficos para la obtención de datos. Dicha información fue procesada en Agisoft, obteniendo modelos digitales y fotografía del área de estudio, estos datos fueron analizados bajo el reglamento de construcción de caminos, de la Secretaría de Caminos y Transportes (SCT) y del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
El análisis de los datos detectó; deterioros de tipo transversal y fisuración en tramos del área de estudio. Mismos que son visibles en ambas fotografías y en otros casos, solo visibles gracias a la cámara térmica, se recomienda mantenimiento. El método resultó ser eficiente, ahorrando tiempo, dinero y sobre todo dando un análisis más preciso a comparación de otros métodos de detección de deterioros.

Palabras clave- baches, capa asfáltica, concreto hidráulico, RPAS, fotogrametría, grietas, inspección, modelo digital, ortomosaico, pavimento, pavimento flexible, pavimento rígido, sistema ráster.

Abstrac- The use of new technologies in civil engineering allows a detailed inspection of the deterioration of roads. This results in a more precise analysis of the magnitude of the damage. The objective of this research is to present a study method based on the use of RPAS for the detection of deterioration in the asphalt rolling layer of roads. In order that in future works it can be considered more accurately, if the road requires maintenance or not, in turn, can generate economic savings, since the hourly costs will be reduced and there will be the guarantee that the entire area will be reviewed.
This study was carried out at San Juan del Río Campus (SJR) of the Autonomous University of Queretaro (UAQ), photogrammetric and thermographic flights were made to obtain data. This information was processed in Agisoft, obtaining digital models and photographs of the study area, these data were analyzed under the road construction regulations of the Secretaría de Caminos y Transportes (SCT) and the Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
The analysis of the data detected transversal deterioration and cracking in sections of the study area. These are visible in both photographs and in other cases, only visible thanks to the thermal camera, maintenance is recommended. The method proved to

be efficient, saving time, money and above all giving a more accurate analysis compared to other deterioration detection methods.
Key Word- asphalt layer, bumpy, cracks, digital model, RPAS, flexible pavement, hydraulic concrete, inspection, orthomosaic, pavement, photogrammetry, raster system, rigid pavement.

I. Introducción

A principios del siglo XX; aparece la teledetección aérea, siendo este el comienzo de la demanda social de mapas, debido, entre otras razones: al turismo, interés didáctico de las personas y un interés de conservar y cuidar el territorio. En la segunda mitad de este mismo siglo: aparece la teledetección espacial, se crean adelantos tecnológicos en el tratamiento de la información, dando paso a una nueva cartografía; la cartografía digital. Los vuelos fotogramétricos fueron considerados un método posible de usar en el año 2016 en el cual la tecnología de los RPAS (Remotely Piloted Aircraft System, por sus siglas en inglés) ya era lo suficientemente avanzada como para representar un progreso en la aplicación de dichos métodos. “Uno de los mejores fabricantes de RPAS en el mercado, introdujo la visión inteligente de una computadora y la tecnología de aprendizaje automático. Fue un hito importante para la fotografía de RPAS”. (Oliver 2018)

Los vuelos fotogramétricos son una aplicación de la geodesia practica o mejor conocida como topografía que se define como el estudio de unas proporciones de la superficie de la tierra en las cuales se puede considerar a esta como plana, para llevar a cabo estudios más precisos de dichas fracciones de superficie (Quirós, 2014). Si bien la fotogrametría tiene su propia clasificación, el método que se aplicará en este análisis será: la fotogrametría digital. Compuesta por procesos a escala digital en su mayoría. (Jerónimo, 2016)

Las ventajas de la aplicación de este tipo de métodos radican, desde la facilidad de acceso en caso de que el terreno a estudiar sea sinuoso, hasta que son levantamientos relativamente rápidos; limitados solo por las condiciones del clima en su mayoría. Con este método existe un análisis continuo del terreno, dando un registro fotográfico de alta calidad y donde su única desventaja seria que existen partes del levantamiento que quedarían ocultas por la vegetación existente, en donde el ingeniero a cargo tendría que tomar registro aparte para su elaboración (Pari, 2018).

Como se ha recalcado desde el principio los vuelos fotogramétricos tienen un campo de aplicación extenso, como, por ejemplo: planificación territorial, hidrografía, ejecución de movimiento de tierras y vías de comunicación (Quirós, 2014).

Parte de la ingeniería civil es determinar el funcionamiento de elementos estructurales como vigas, columnas y demás elementos de construcción. Una rama bastante amplia en la cual hay más trabajo en el campo, es el desarrollo de vías terrestres, ya sea para crear nuevas líneas de comunicación entre puntos de interés, para mejorar las vías ya creadas o en su defecto para trabajos de mantenimiento de las mismas.

Este último punto, uno de los más descuidados, debido a que dichos trabajos de mantenimiento a pesar de estar regulados por organismos como la secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) o del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), tienden a hacerse hasta que las vialidades pierden eficiencia y generan no solo una pérdida económica, sino también, un riesgo para los usuarios.

Al realizar el diseño de una vía terrestre se toman en cuenta factores como aforo de vehículos, horas de máxima demanda, tipo de tráfico para el cual va a ser destinada la vialidad, etc. y de esta manera poder realizarlas en su mejor forma. Cada una de estas características también dan un panorama sobre qué tipo de deterioro puede presentarse, ya que en la visualización térmica se pueden observar las zonas con mayor desgaste.

Dicho de este modo, en la vialidad siempre va a haber un deterioro presente, equivalente a la actividad para la cual fue diseñada. Ocasionalmente en este tipo de infraestructuras se generan grietas en la parte superficial de las carreteras que no pueden ser vistas por el ojo humano; mismas que provocaran daños mayores en los caminos, si no se les da un manteniendo adecuado.

Para la detección de dichas fallas en la capa de rodadura asfáltica, se propone emplear el uso de un RPAS equipado con cámara térmica para la detección

de deterioros que no sean visibles al ojo humano. Realizando vuelos, con una determinada trayectoria, se obtendrán imágenes tanto térmicas como RGB del área de estudio. Esto con el objetivo de observar las diferencias de temperaturas entre las fallas y la superficie del asfalto, permitiendo la visualización de deterioros que no se ven a simple vista.

II. Consideraciones Teóricas

Para la elaboración del análisis de deterioro de fallas en vialidades con vuelos fotogramétricos es necesario que la vialidad a estudiar sea elaborada con concreto, pavimentos flexibles o pavimentos rígidos, debido a que estos tipos de materiales son los más comunes para la elaboración de vialidades en México, a su vez, los definidos como "caminos rurales", los cuales se catalogarán como de terracería y caminos empedrados, quedan excluidos de este estudio, debido a que no se cuenta como tal con una estructura, con los materiales y especificaciones para realizar dicho estudio, para este tipo de casos se tendría que realizar una exploración geotécnica la cual abarca el estudio y comportamiento de suelos de forma más extensa.

Pavimento; "Los pavimentos se definen como el conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de las terrecerías y la superficie de rodamiento." (Inciarte, 2012, p.9)

Carpeta Asfáltica; Las carpetas asfálticas son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfaltico, estas tienen la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento, esto según la definición de la SCT (SCT, 2020).

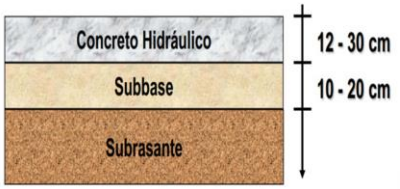
Ilustración 1 Sección transversal de una carpeta asfáltica



Fuente: Pavimentos Flexibles y Rígidos, por Arroyo, A.,2016, SlidePlayer, http://slideplayer.es/slide/10916850/

Carpeta de Concreto Hidráulico; Las carpetas de concreto hidráulico son las que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Pórtland, en su caso, aditivos y adiciones, agua (SCT, 2020).

Ilustración 2 Sección transversal de concreto hidráulico

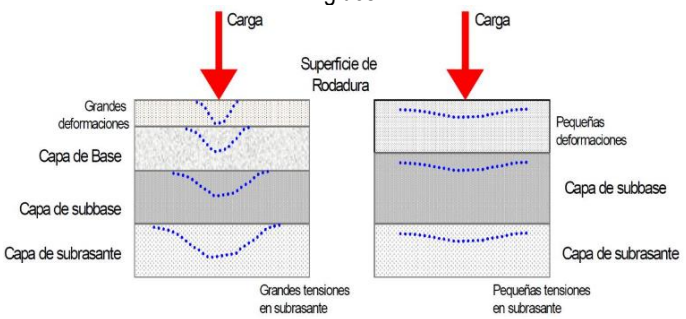


Fuente: Pavimentos Flexibles y Rígidos, por Arroyo, A.,2016, SlidePlayer, http://slideplayer.es/slide/10916850/

Pavimento Flexible; En este tipo de pavimento la carpeta asfáltica será la encargada de redistribuir las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores, esto por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, permitiendo que la carpeta asfáltica se pliegue en pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que la estructura sufra algún daño. (Gonzales, 2016, p.8).

Pavimento Rígido; Este tipo de superficie de rodamiento esta dado por las losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores, esta distribución de cargas se hace por medio de toda la superficie de la losa, como puede observarse en la ilustración 3. A diferencia del pavimento flexible no puede plegarse sin presentar una falla estructura. (Gonzales, 2016, p.10).

Ilustración 3 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



Fuente: Manual Centroamericano de Diseño de pavimentos. Capítulo 5, pag.1.

Los deterioros presentes en las capas de rodadura pueden originarse por: medios ambientales (en especial altas o bajas temperaturas, lluvias fuertes y constantes), diseños ineficientes, repetición de cargas,

métodos constructivos deficiente y/o soporte inadecuado de la subbase.

La determinación será el resultado de un conjunto de trabajos realizados en campo y su procesamiento posterior, pero, para esto se deberá determinar el tipo de deterioro que está presente. La Normativa para la Infraestructura del Transporte [NIT·SCT], señala en su norma N·CSV·CAR·1·03·008/18 la clasificación de los deterioros según el tipo de pavimento en el que se presenten; como se muestran en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1 Deterioro superficial del pavimento asfaltico

Deterioro Superficial del Pavimento Asfaltico		Unidad de medición
Agrietamiento	Agrietamiento por fatiga	m^2
	Agrietamiento en bloque	m
	Grietas longitudinales y transversales	m
	Grietas de borde	m
	Grieta de reflexión de junta de losas de concreto hidráulico	m
	Grietas parabólicas por deslizamiento	m^2
Defectos superficiales	Exudación	m^2
	Pulimiento de agregados	m^2
	Desprendimiento de agregados	m^2
	Intemperismo	m^2
Deformaciones	Hundimientos o sentamientos	m^2
	Corrugación u ondulación	m^2
	Desplazamiento	m^2
	Abultamiento	m^2
	Roderas	m^2
Bacheo y baches	Bacheo Superficial	m^2
	Baches	m^2
Varios	Desnivel entre carril y acotamiento	m

Nota: Tabla obtenida de la Normativa para la Infraestructura del transporte N·CSV·CAR·1·03·008/18. NIT·SCT (2018)

Tabla 2 Deterioro superficial del pavimento de concreto hidráulico

Deterioro Superficial del Pavimento de Concreto Hidráulico		Unidad de medición
Agrietamiento	Grieta de esquina	losa
	Losa dividida	losa
	Grietas de durabilidad o tipo “D”	losa
	Grietas lineales	m
	Grietas por retracción	losa
Defectos superficiales	Pulimento de los agregados	losa
	Desprendimientos	losa
	Escamado	losa
Deterioros en juntas	Daños en el sello de la junta	losa
	Rotura en esquina	losa
	Rotura de borde	losa
Varios	Desplazamiento por alabeo	losa
	Escalonamiento	losa
	Bacheo	losa
	Bombeo	losa
	Punzonamiento	losa

Nota: Tabla obtenida de la Normativa para la Infraestructura del transporte N·CSV·CAR·1·03·008/18. NIT·SCT (2018)

III. Metodología

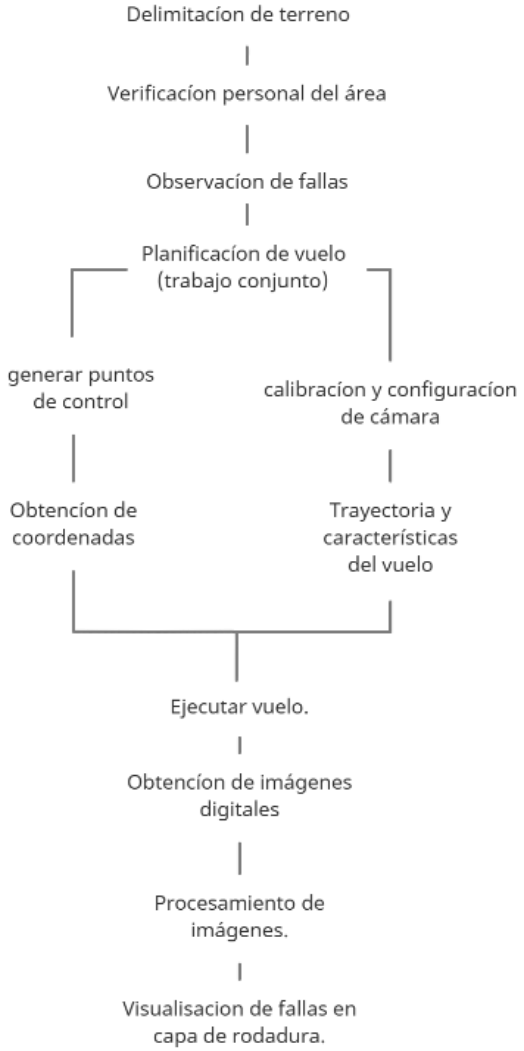


Ilustración 4 Diagrama de flujo del trabajo

La ilustración 4 muestra el esquema de trabajo que se llevó a cabo para el desarrollo de dicho estudio, en la carretera principal de la UAQ campus San Juan del Río, Qro. El equipo utilizado fue un RPAS Mavic 2 Enterprise Dual, el cual está equipado con una cámara de 48MPx y una térmica de 640×512px, siendo este el equipo principal, también se aplicó el uso de un Smartphone para obtener coordenadas aproximadas, lonas con dianas para marcar las georreferencia, dos computadoras para el trabajo de oficina; procesamiento del ortomosaico, pero estas últimas quedarán a consideración del tiempo disponible para realizar el análisis de los datos.

Paso 1. Se realizó un reconocimiento del terreno para delimitar el tramo de vialidad a estudiar, con apoyo de un mapa, un GPS y una inspección rápida se determinaron los puntos de georreferencia, concluido lo anterior se procedió a armar el RPAS, (Imagen 1 y 2).



Imagen 1 RPAS Mavic 2 Enterprise Dual



Imagen 2 Equipo armado y listo

Paso 2. Cuando se determina el área de estudio; (imagen 3) el programa nos proporciona información aproximada, en este caso, 820 metros lineales y casi 4800 m^2 de área fotografiada. Lo siguiente es hacer una planificación de vuelo (imagen 4), este paso consiste en el uso del software del RPAS (DJI pilot) para indicar que zona y de qué forma se va a realizar el vuelo, así mismo dentro de este paso se realiza una observación de cables, postes, vegetación y posibles elementos que obstruyan el vuelo del RPAS, principalmente copas de árboles que puedan causar un choque o que obstruya el campo de visión de la cámara. Se hace el respectivo ajuste al plan de vuelo y de ser necesario se toman fotografías para evitar la pérdida de datos.



Imagen 3 Planificación de la ruta de vuelo



Imagen 4 Ruta de vuelo completa

Paso 3. Los siguientes pasos se pueden hacer de manera conjunta con apoyo de los miembros del equipo, en el caso de este trabajo, se realizó el trabajo colaborativo para eficientizarlo.

Para generar los puntos de control (imagen 5), se toma en cuenta el reconocimiento del terreno para determinar los lugares que servirán como georreferencias para el trabajo, asegurándonos de que dichas referencias cubran puntos estratégicos, que permitan referenciar toda el área, en este caso se usaron 4 puntos de control, determinados por los cambios de dirección del RPAS al estar en el proceso de vuelo, esto con el fin de que el software procese las imágenes y la interpolación de forma correcta, sin generar errores.



Imagen 5 Punto de georreferencia visto desde el RPAS a 30m.

De manera simultánea otro miembro del equipo se encargó de la calibración de la cámara térmica del RPAS (imagen 6). En base a la temperatura promedio del suelo se hace una calibración desde el menú del software.



Imagen 6 Calibración de parametros de temperatura térmica desde el control del RPAS

La cámara térmica usa una escala de colores la cual está dada por un rango de temperatura baja y alta (indicando los límites de captura). Una vez introducidos los valores, el RPAS comenzará a tomar fotografías, en las cuales se apreciarán los resultados de agrietamiento y desgaste presente en la capa de rodadura.

Paso 4. Después de la calibración de la cámara, el proceso de obtención de coordenadas consta del uso de equipo GPS, ya sea de mano, de alta precisión, o como en este caso, el uso de algún otro dispositivo con dicho sistema (Teléfono inteligente), esto dependiendo del enfoque y precisión que se le quiera dar al trabajo. Se procede a posicionar el dispositivo en el centro de la diana y dar lectura de longitud, latitud y altitud, mismos datos que se guardarán para después exportar al software.

Paso 5. Se procede a realizar el proceso del trabajo de escritorio, en el cual se exportan todas las imágenes, coordenadas y datos obtenidos en campo (imagen 7) a AGISOFT en el cual se comienza el proceso de orientación. El cual consiste de seleccionar la calidad a la cual se va a realizar el trabajo; se puede escoger entre una orientación de alta calidad bajo un punto de referencia o una orientación bajo un punto genérico.

Para este proyecto se usó la primera opción, el tiempo de procesamiento de los datos dependerá de la calidad y capacidad del computador a usar.

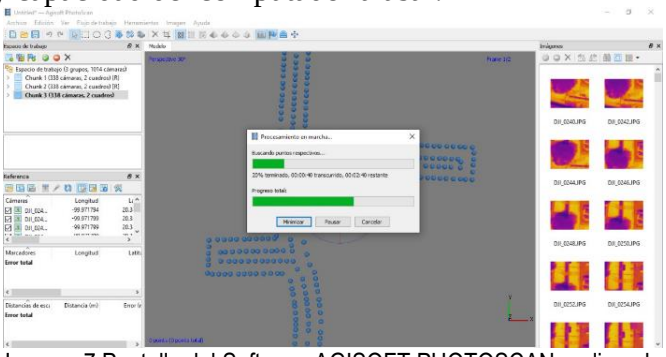


Imagen 7 Pantalla del Software AGISOFT PHOTOSCAN realizando proceso de orientación

Paso 6. Una vez orientadas las fotos, se obtendrá una nube de puntos dispersa, la cual posteriormente será procesada y convertida en nube de puntos densa.

Para esta parte del trabajo el tiempo vareara dependiendo de las características del equipo usado y de la calidad que se quiera obtener. Esta activad fue realizada con una computadora que cuenta con tarjeta gráfica dedicada, por lo que la calidad seleccionada fue “extra alta”, aun con esto el tiempo de procesamiento fue de 16 horas aproximadamente.

Una vez este listo el resultado, se genera una malla, (imagen 8), el funcionamiento de la malla consta de un relleno de los espacios que quedaron vacíos al momento de generar la nube de puntos densa, esto realizado mediante triangulaciones.



Imagen 8 Modelo digital de superficie con malla activada

Paso 7. Terminado el proceso, se insertan los puntos de referencia, esto se realizará de forma manual, inspeccionando las fotos y colocando un marcador en cada imagen que posea una diana; cuidando localizar el centro siempre, terminado lo anterior se introducen las coordenadas del punto de control en el modelo digital, esto para disminuir el error. Ya que se cuenta con cuatro puntos de control, se etiquetarán por separado colocando un marcador diferente para cada uno e introduciendo las coordenadas una por una. Se seleccionan todas las fotos y se desmarcan para después seleccionar el tipo de proyección, en el caso de Querétaro, UTM Zona 14 Norte (INEGI, 2021). Se volverá a ajustar la cámara y se repetirá el proceso desde la generación de nube de puntos dispersa, después se selecciona la nube de puntos densa y se clasifica el terreno, se exportan los resultados en un reporte generado por AGISOFT, así como la Ortofoto.

IV. Resultados

Los resultados muestran que en ciertas zonas de la imagen se presenta una desintegración de la losa asfáltica, generada por la acción abrasiva del tránsito, lo cual provoca fisuras (baches), gracias al uso de la cámara térmica dichos deterioros se pueden apreciar con mayor facilidad, a su vez, se exponen daños por fisura de bloque que son difíciles de apreciar a simple vista y que permiten un análisis más preciso de la condición de la vialidad.

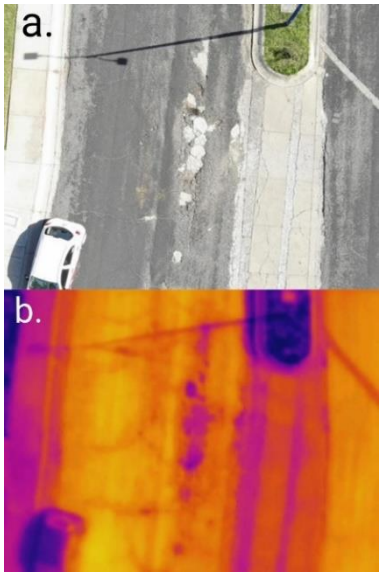


Imagen 9 Comparativa entre fotografía tomada con configuración térmica (imagen inferior b) y fotografía normal (imagen superior a).

Un punto a considerar en la comparativa entre las imágenes, es que, debido a sombras generadas por elementos ajenos a la vialidad, ya sea alumbrado público, vegetación, pintura, etc. Las fotografías térmicas pueden presentar figuras que se pueden confundir con deterioros, debido a que este elemento por su sombra provoca un cambio de temperatura en el suelo que al momento de captar la imagen llega a confundirse con desgaste por el patrón térmico que genera en la vialidad.

Al momento de realizar el análisis se tuvo que tomar en cuenta la existencia de alumbrado aledaño a la vialidad y que genera formas en las imágenes térmicas, se recomienda que al momento de realizar la inspección visual del terreno se anote la existencia de dichos elementos.

Como se puede observar en la imagen 9. En la cual la cámara térmica detectó, un deterioro que no es perceptible en la cámara normal, por las características de esta, tales como, ángulo, figura y recorrido; se teoriza qué este daño es una fisuración de tipo transversal.

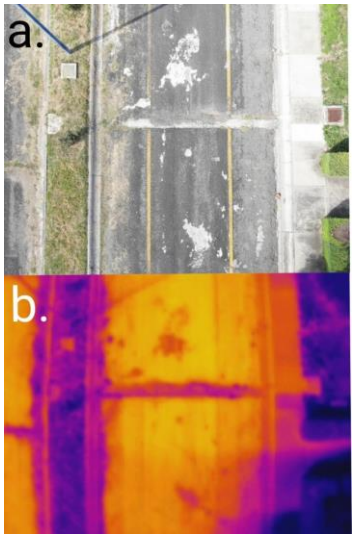


Imagen 10 Detección de parches de concreto hidráulico mejorado, gracias a la aplicación de cámara térmica (imagen inferior b), en comparación con la cámara normal (imagen superior a).

Otro resultado obtenido del vuelo, fue que en la cámara térmica se percibe con mayor detalle la presencia de parches de concreto hidráulico (imagen 10), usados para el saneamiento de la vialidad, dicho parches no presentan un peligro para los usuarios de la misma, no obstante, no es recordable usar materiales de diferente elasticidad para resanar la

vialidad, debido a que el desgaste no va a ser igual, además, no contaran con la misma adherencia que el material del cual está hecho la vialidad. Con base en lo anterior se recomienda dar pronto mantenimiento a la zona que aparece en la ilustración 10; considerando los lineamientos escritos en la NIT·SCT (2018).

Este punto tiene como referencia la entrada al estacionamiento de la Facultad de Ingeniería y a un costado de la cancha de futbol;

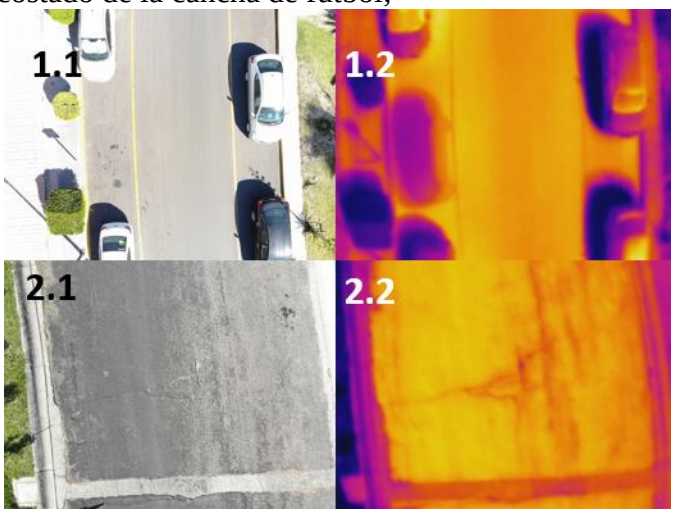


Imagen 11 Comparativa entre una vialidad en buen estado con cámara normal (1.1) y térmica (1.2) y una vialidad con deterioro con cámara normal (2.1) y (2.2)

Por último, se agrega una comparación entre una vialidad que se encuentra en buenas condiciones bajo la cámara térmica y una fotografía con la cámara en su configuración normal, imagen 11, una siendo del circuito universitario de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus cerro de las campanas (1.1 – 1.2) y la segunda imagen siendo del circuito universitario de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus san juan del rio (2.1 – 2.2), donde el campus Cerro de las campanas es la vialidad en mejor estado.

En la imagen 11, comparativa 1.2 se puede apreciar la sombra de un carro que no aparece en la comparativa 1.1, esto debido a que dicho vehículo dejo el lugar durante la captura de las fotos, y ya que este se mantuvo estacionado un tiempo, se genero una sombra la cual permaneció a una temperatura diferente del resto de la vialidad “por un momento”.

La suma de todos estos resultados nos da una clara percepción de que el método fue exitoso, dando resultados concretos y sustanciales.

V. Discusión y Conclusiones

El uso del RPAS para la inspección de vialidades genera un ahorro económico, ya que con él se reducirán los costes de horas de trabajo y a su vez se tendrá la garantía de que toda la zona será revisada.

Esta forma de inspeccionar el desgaste en la capa de rodadura es más rápida y eficiente, comparada con la inspección visual, ya que la cámara térmica detecta desgastes que no son visibles a simple vista, lo cual nos hará tener una imagen más amplia del daño que ha sufrido la capa de rodadura producto de los agentes desgastante.

No obstante, se tienen que tener en cuenta distintos factores, para la realización del vuelo, el clima tiene que ser óptimo, ya que de haber presencia de viento fuerte o moderado, este no va a permitir que el RPAS este estabilizado todo el tiempo y en consecuencia las fotos tomadas por el mismo no serán de buena calidad.

La altura a la que se realizara el vuelo con el RPAS no puede pasar desapercibida, debido a que el tamaño de pixel en el terreno (Ground Sample Distance, GSD por sus siglas en inglés) afecta directamente a la calidad del resultado, debido a que, entre mayor altura de vuelo, mayor es el valor del GSD provocando menor resolución espacial de la imagen (Pix 4D, s.f.). A su vez se recomienda tomar en cuenta vegetación y construcciones aledañas a la vialidad para calcular una altura viable y así evitar pérdida de calidad y daños al equipo.

VI. Referencias Bibliográficas

Neira R. (2005) Fotografía Aérea (tesis para obtener título) Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Oliver E. (2018) ¿Conoces la historia de los drones?¡Te la contamos! Digitaltrends ES. Recuperado de https://es.digitaltrends.com/RPAS/la-historia-de-los-drones/

Quiroz Rosado E. (2014) Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil. Recuperado de https://mascvuex.unex.es/ebooks/sites/mascvuex.unex.es.mascvuex.ebooks/files/files/file/Fotogrametria_9788469713174_0.pdf

Inciarte C. (2012) “Análisis comparativo de métodos de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico según normas aplicadas en México, Reino Unido y España” (tesis de maestría) Universidad Nacional Autónoma de México. México Ciudad Universitaria.

NIT·SCT (2020) Normativa Para la Infraestructura del Transporte N·CTR·CAR·1·04·006/20. Carpetas asfálticas con Mezcla en Caliente.

NIT·SCT (2020) Normativa Para la Infraestructura del Transporte N·CTR·CAR·1·04·009/20 Carpetas de Concreto Hidráulico.

NIT·SCT (2018) Normativa para la Infraestructura del transporte N·CSV·CAR·1·03·008/18. Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)

SCT (2020) Norma Oficial Mexicana N·CTR·CAR·1

Coronado Iturbide J. (2002). *Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos.* Guatemala, México: secretaria de Integración Económica Centroamericana.

Arroyo, A. (2016) *Pavimentos Flexibles y Rígidos, SlidePlayer,* http://slideplayer.es/slide/10916850/

González J. (2016) Evaluación de Pavimentos en la conservación de carreteras en México. (tesis de especialidad). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

CORTES, E. (2021) Levantamientos topográficos mediante el uso de RPAS. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

Pix 4D, (s.f.). Support, Tamaño de pixel en el terreno (GSD), Recuperado de https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/360033638951-Tama%C3%B1o-de-pixel-en-el-terreno-GSD

Jerónimo, G. (2016) Comparación de los métodos Analógico y Digital en Fotogrametría. Tlamati Sabiduría, Volumen 7, pp-pp. Recuperado de http://tlamati.uagro.mx/t7e2/133.pdf

Pari, R. W. (2018). Ventajas en los levantamientos topográficos con el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV). (Trabajo de investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de http://hdl.handle.net/11537/21067

Propiedades electrónicas-vibracionales en semiconductores de la familia III-N

Autor

Juan Manuel Ramírez García

UAQ-Facultad de Ingeniería-Ingeniería Física

ramirezjuan_333@hotmail.com

Asesores

-Dr. José Alonso López Miranda

UAQ-Facultad de Ingeniería

alonso.lopez@uaq.mx

-Dr. Daniel Olguín Melo

CINVESTAV-Unidad Querétaro

daniel@fis.cinvestav.mx

Resumen

En este trabajo estudiamos las propiedades electrónicas y vibracionales de la familia de semiconductores III-N, GaN, AlN, AlN, así como el comportamiento de la banda prohibida en función de la temperatura propia de cada material en fase cúbica desde el enfoque de primeros principios. Teniendo como principales objetivos obtener el parámetro de red, estudiar la estructura de bandas, obtener la densidad de estados electrónicos, calcular la curva de dispersión de fonones de cada semiconductor y estudiar el comportamiento de la banda de energía prohibida en función de la temperatura a través de las interacciones electrón-fonón.

Los estudios se realizan usando la Teoría Funcional de la Densidad (DFT) con las aproximaciones del Gradiente Generalizado (GGA) y Densidad Local (LDA). Esto nos da apertura a continuar con el análisis de efectos producidos por la interacción electrón-fonón para cerrar con la descripción total de los sistemas a estudiar.

Abstract

In this work we study the electronic and vibrational properties of the III-N semiconductors family, GaN, AlN, AlN, as well as the behavior of the band gap as a function of the temperature of each material in cubic phase from the first principles approach. With the main objectives of obtaining the lattice parameter, studying the band structure, obtaining the density of electronic states, calculating the phonon dispersion curve of each semiconductor and studying the behavior of the band gap energy as a function of temperature through electron-phonon interactions.

The studies are carried out using the Density Functional Theory (DFT) with the Generalized Gradient (GGA) and Local Density (LDA) approximations. This previous study of electronic and vibrational properties gives a way to continue with the analysis of the effects produced by the electron-phonon interaction to close with the total description of the systems to be studied.

Palabras Clave

Estructura de bandas, densidad de estados, fonones, banda prohibida, parámetro de red, Teoría Funcional de la Densidad, electrón-fonón.

Key Words

Band structure, density of states, phonons, band gap, lattice parameter, Density functional theory, electron-phonon.

Introducción

Actualmente las tecnologías de aparatos inteligentes, láseres, sensores o transistores que en la vida diaria utilizamos, son posibles gracias al avance de la física, en particular a la física del estado sólido (Pollini, Mosser & Parlebas, 2001). Dichos dispositivos han sido creados partiendo de los conceptos que la física del estado sólido estudia, como: estructuras cristalinas, enlaces cristalinos, estructura electrónica,

banda prohibida, densidad electrónica, estructura de bandas, fonones, entre otros muchos temas de relevancia. (Kittel, 2005). Es así como comprender y estudiar estos temas son fundamentales para poder entender las propiedades electrónicas de los materiales, desde su diseño como dispositivos tecnológicos, hasta la clasificación de los materiales en conductores, aislantes y semiconductores. Esta clasificación se puede determinar a través de la banda de energía (band gap), que es un rango de energía entre la banda de valencia y la banda de conducción donde los estados electrónicos están prohibidos gracias a que el fenómeno está regido por las leyes de la mecánica cuántica, donde se determinan los estados disponibles que puede ocupar una partícula acorde a la energía que esta posea (Atkins & Friedman, 2005).

En el presente trabajo, el estudio de la banda prohibida es una de las propiedades fundamentales para entender las propiedades físicas del material, ya que dentro de los semiconductores, específicamente en aquellos de la familia lll-N, Galio, Aluminio, Indio y Nitrógeno (nitruros), encontramos importantes propiedades como: alta conductividad térmica, alta dureza, elevado punto de fusión, baja sensibilidad a las radiaciones ionizantes, por mencionar algunas, que los hacen ser grandes candidatos para el desarrollo y diseño de nuevos materiales como paneles solares en satélites y materiales espintrónicos (AZO Materials, 2001).

En este contexto, estudiar la banda prohibida de estos materiales es importante para comprender algunas de sus propiedades físicas, electrónicas, térmicas, vibracionales y ópticas. Las cuales son la razón de la absorción indirecta mediada por Fonones (vibraciones colectivas de la red) y el transporte de electrones que son algunos ejemplos que podemos observar al momento de caracterizar un material. (Cyrus, Stengel & Vanderbilt, 2018).

A partir del desarrollo de la teoría de bandas en 1927 (Petrucci, Harwood, Herring, & Madura, 1989) los esfuerzos por la caracterización de la banda prohibida en diferentes sistemas cristalinos han llegado a centralizarse en diferentes métodos de obtención, dichos métodos que van desde procesos experimentales como foto-reflectancia, fotoluminiscencia o absorción óptica (Ramirez Flores, Navarro Contreras, Lastras Martínez, Powell & Greene, 1994), hasta procesos teóricos empíricos (Olguín, Cardona, & Cantarero, 2002) y métodos ***ab initio***, en donde destaca la Teoría Funcional de la Densidad (King Smith et al., 1989).

Por otro lado, se sabe que la banda prohibida en los semiconductores tradicionales incluyendo los III-N disminuye en función de la temperatura, este comportamiento se debe a la interacción electrónica y las vibraciones de la red cuántizadas (fonones). Este fenómeno se estudió en 1976 cuando Allen y Heine (Allen & Volker, 1976) propusieron una teoría basada en la teoría de perturbación a segundo orden para calcular el efecto que tiene la interacción electrón fonón en el problema de la energía de la banda prohibida. Su teoría incluyó el término de la auto energía y el de Debye-Waller. Durante los siguientes años, Allen siguió trabajando en la implementación de su teoría en colaboración con el grupo de Profr. Cardona (Allen & Cardona, 1981).

Con los avances desarrollados para la banda prohibida, y las repercusiones que las interacciones y la temperatura causan en ella, se han reportado para los sistemas AlN, GaN e InN en su fase cúbica, cálculos de la estructura de bandas, densidad de estados, espectro fonónico, módulo volumétrico, entre otros parámetros. Sin embargo, la mayoría de estos trabajos han utilizado métodos ***ab initio*** (Hernández Cocoletzi, Contreras Solorio, & Arriaga, 2005.), debido a la meta-estabilidad de la fase cúbica del AlN, GaN e InN. Los datos experimentales reportados son escasos y centrados en la fase Wurzita, cuya estructura cristalina pertenece al sistema cristalino hexagonal, y solamente para el semiconductor GaN (Krystian, & Friedhelm, 1997). Por otro lado, la frecuencia de los fonones solo han sido medidas experimentalmente en el punto Gamma (Harima et al., 1999.) y el comportamiento de la energía de la banda prohibida en la fase cúbica se encontró únicamente para el GaN.

Debido a los avances en el método de obtención de dichas propiedades y a los diversos estudios respecto del tema, el presente trabajo abordará un estudio de sistemas semiconductores lll-N en su fase cúbica

relacionando el comportamiento de la banda prohibida en función de la temperatura, para esto se estudiará la interacción electrón-fonón, además de realizar un estudio de sus propiedades electrónicas como densidad de estados, estructura de bandas, propiedades vibracionales (fonones), propiedades estructurales, parámetro de red y modulo volumétrico.

Metodología

Para realizar los cálculos estructurales, electrónicos y vibracionales se hizo uso del conjunto de códigos computacionales integrados en el software Quantum Espresso (https://www.quantum-espresso.org/).

Antes de comenzar con los cálculos de propiedades electrónicas y vibracionales es necesario establecer la optimización geométrica (convergencia numérica) de cada sistema para poder trabajar con los puntos k (zona de Brillouin), energía de corte y parámetro de red adecuados en cada caso.

La optimización geométrica se realiza variando valores de la energía llegando al valor mínimo mediante un cálculo autoconsistente, donde se resuelven las ecuaciones de Khon-Sham (Kresse & Furthmuller, 1996) y se obtiene la densidad electrónica (Burke, 2007). Si la energía total del sistema cumple con un criterio de minimización impuesto, entonces se logra la autocosistencia y se pueden obtener ya las cantidades electrónicas de interés.

El método de convergencia de puntos k, energía de corte y parámetro de red se realiza haciendo un barrido de valores adecuado de la variable que se deseé conocer dejando las otras 2 variables fijas. Empezando por la obtención de puntos de alta simetría, siguiendo por la energía de corte y finalizando con el parámetro de red (Salazar Altamirano, 2020).

En el caso de este estudio se trabajó con los siguientes valores:

a. Puntos k: Barrido de una red de 2x2x2 hasta una de 20x20x20 en pasos de 2
b. Energía de Corte: Barrido de una energía de 10 Ry hasta una energía de 200 Ry en pasos de 10
c. Parámetro de red: Barrido acorde a valores experimentales en pasos de 0.1 en a.u.

Para concluir con la obtención de valores se debe de ajustar los valores obtenidos en el parámetro de red con la ecuación de estado de Birch-Murnaghan, que determina el volumen mínimo de la celda unitaria en función de la energía del estado base (Murnaghan, 1944). A continuación, se presenta la ecuación de Birch-Murnaghan dando la energía como función del volumen.

$$E_b(V) = \frac{B_0 V}{B_0'(B_0'-1)}\left[B_0'\left(1-\frac{V_0}{V}\right)+\left(\frac{V_0}{V}\right)^{B_0'}-1\right]+C_b, \quad 1)$$

donde $V_0 B_0' \; y \; B_0$ son los parámetros de ajuste.

Si el parámetro de red obtenido coincide con el parámetro de red experimental estudiado, estos valores son válidos para continuar con la obtención de propiedades electrónicas y vibracionales.

ESTRUCTURA ELECTRÓNICA:

La estructura electrónica se obtiene a través de Los eigenestados de cualquier ecuación de Schrödinger independiente para una partícula en la cual los electrones se mueven en un potencial efectivo $V_{ef}(\vec{r})$ tal como las ecuaciones de Kohn-Sham, satisfacen la ecuación (Salazar Altamirano, 2020).

$$\hat{H}_{ef}(\vec{r})\psi_i(\vec{r}) = \left[\frac{-\hbar^2}{2m_c}\nabla^2 + \hat{V}_{ef}(\vec{r})\right]\psi_i(\vec{r}) = \epsilon_i\psi_i(\vec{r}), \quad 2)$$

donde $\hat{V}_{ef}$ es el potencial efectivo, $\hbar$ es la constante de Planck y m_c es la masa de las partículas

En un sólido es conveniente requerir que los estados estén normalizados y obedezcan condiciones de frontera periódicas en un volumen grande Ω que se extiende hasta el infinito. Después de un proceso matemático riguroso se llega a la siguiente ecuación de Schrödinger para cualquier $\vec{k}$ que puede ser escrita como la ecuación matricial.

$$\sum_{m'} H_{m,m'}(\vec{k})C_{i,m'}(\vec{k}) = \epsilon_i(\vec{k})C_{i,m}(\vec{k}),$$

donde

$$H_{m,m'}(\vec{k}) = \left\langle \vec{k} + \vec{G}_m \middle| \hat{H_{ef}} \middle| \vec{k} + \overrightarrow{G_m}' \right\rangle \frac{\hbar^2}{2m_e} \left| \vec{k} + \vec{G}_m \right|^2 \delta_{m,m'} + V_{ef}(\vec{G}_m - \vec{G}_{m'}), \quad 4)$$

donde $\hat{V}_{ef}$ es el potencial efectivo, $\hbar$ es la constante de Planck y m_c es la masa de las partículas

Las dos últimas ecuaciones son las ecuaciones, que conducen a las propiedades de las bandas electrónicas (Marini, Poncé, & Gonze, 2015).

VIBRACIONES DE RED:

Se calculará la dispersión se fonones a partir del método de desplazamiento finito, que además de proporcionar información de la estructura electrónica, proporciona energía y estrés del sistema, así como la fuerza sobre cada átomo. Se pueden obtener estructuras cristalinas en equilibrio minimizando las fuerzas residuales y optimizando los tensores de estrés. Cuando un átomo en un cristal se desplaza de su posición de equilibrio, las fuerzas sobre todos los átomos del cristal se elevan. El análisis de las fuerzas asociadas con un conjunto sistemático de desplazamientos proporciona una serie de frecuencias de fonones (Togo y Tanaka, 2015).

Resultados

Estructura FCC para los compuestos a utiliza 3) do las esferas color verde los átomos de N, y las de color rosa los átomos de la familia III.

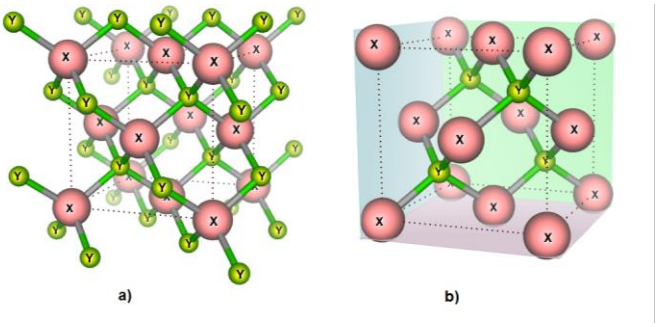


Figura 1: a) Estructura FCC de los compuestos de la familia III-N, b) Celda primitiva de la estructura.

Los átomos con X representan a los elementos Ga, Al y In. Los átomos Y representan los elementos N.

PARÁMETRO DE RED Y MÓDULO VOLUMÉTRICO

La Figura 1 muestra el resultado obtenido para el parámetro de red del Nitruro de Aluminio.

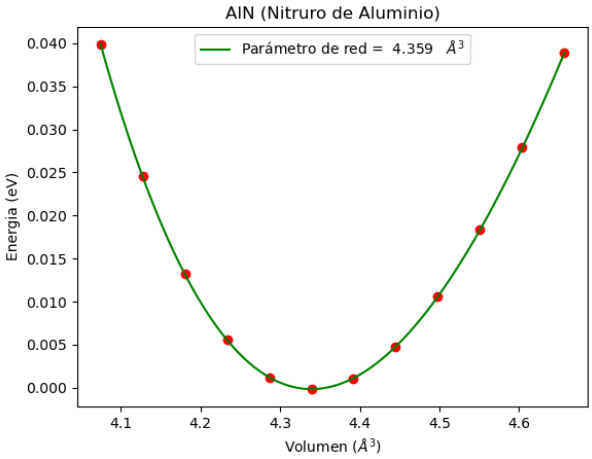


Figura 2: Ajuste de valores de parámetro de red con la ecuación de estado de Birch-Murnaghan.

Para complementar la investigación, se muestran los resultados obtenidos con menor error relativo acorde a los valores experimentales de cada compuesto para el parámetro de red en la Tabla-1 y el módulo volumétrico en la Tabla-2.

Compuesto	Pseudo	Obtenido (A)	Experimental (A) [14]	Error
AlN	PZ	4.359	4.373	0.32%
GaN	PBESOL	4.521	4.505	0.35%
InN	PBESOL	5.012	5.020	0.16%

Tabla -1: Parámetro de red óptimo de cada semiconductor obtenido mediante DFT.

Compuesto	Pseudo	Obtenido (GPa)	Experimental (GPa) [5]	Error
AlN	PBESOL	198.7	202.0	1.63%
GaN	PBESOL	188.7	185.0	2.00%
InN	PBESOL	132.6	136.0	2.50%

Tabla -2: Módulo volumétrico óptimo de cada semiconductor.

BANDA PROHIBIDA (GAP) Y DENSIDAD DE ESTADOS

La Figura 3 muestra la comparación de la estructura de bandas junto a su densidad de estados total para el InN con el pseudopotencial PZ-BHS.

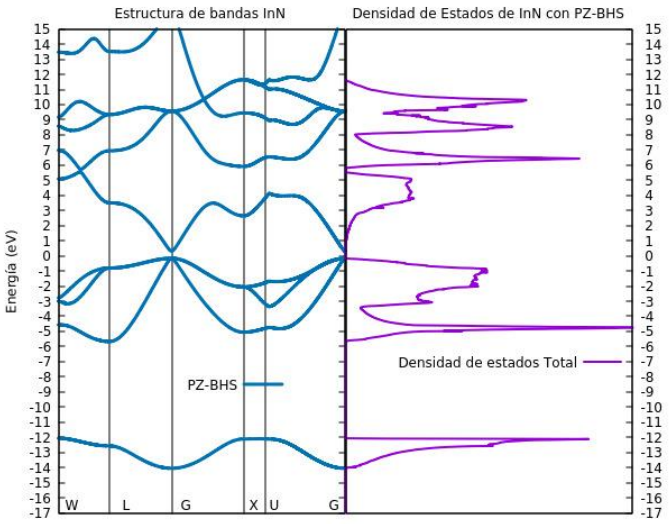


Figura 3: Datos de la estructura de bandas y Densidad de estados total obtenidos con DFT.

La Figura 4 muestra la comparación de la estructura de bandas junto a su aporte del orbital S y P a la densidad de estados total para el InN con el pseudopotencial PZ-BHS.

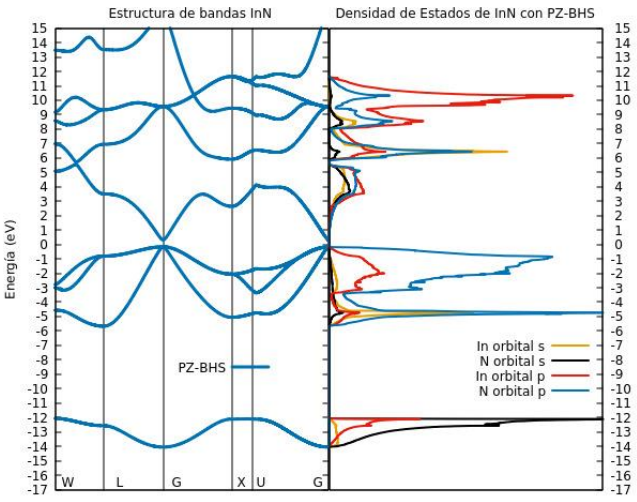


Figura 4: Datos de la estructura de bandas y contribuciones de orbitales para la densidad de estados total.

Para complementar los resultados obtenidos a continuación, se muestran los resultados obtenidos con menor error relativo acorde a los valores experimentales de cada compuesto para la banda prohibida.

Compuesto	Pseudo	Obtenido (eV)	Experimental (eV) [14]	Error
AlN	BLYP	4.37	5.93	26.31%
GaN	PZBHS	3.00	3.2	6.25%
InN	PZBHS	0.47	0.56	16.07%

Tabla-3: GAP directo obtenido con los mejores pseudopotenciales mediante DFT.

El valor obtenido de los orbitales d para la densidad de estados de cada sistema es muy pequeño, por lo que no fue posible mostrarse gráficamente.

FONONES

La Figura 5 muestra las ramas acústicas y ópticas de los fonones de GaN en los puntos de alta simetría en contraste con los valores experimentales.

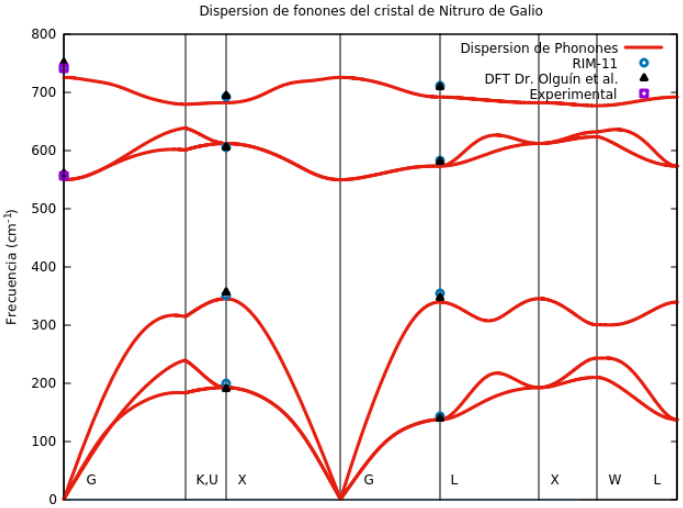


Figura 5: Datos obtenidos vs datos experimentales para dispersión de fonones del GaN.

Para complementar la gráfica se muestran los valores exactos en la Tabla-4 obtenidos mediante DFT y su error relativo a los valores experimentales hallados en la literatura.

Compuesto	Pseudo	Obtenido (cm^{-1})	Experimental (cm^{-1}) [14]	Error
AlN	PZ	889	902	1.39%
GaN	PZ	725	740	2.03%
InN	PZ	558	588	5.09%

Tabla-4: Valores experimentales vs obtenidos en el punto Gamma para la dispersión de fonones.

Como se observa en la tabla-4, los valores experimentales y obtenidos coinciden de buena manera.

Discusión y conclusiones

PARÁMETRO DE RED Y MÓDULO VOLUMÉTRICO

El pseudopotencial PZ, PBESOL de funcional LDA y GGA respectivamente ofrecen un mejor acercamiento al parámetro de red debido al sistema sencillo que tenemos por problema. El hecho de que la energía intercambio correlación es homogéneo en cada punto, ayuda a calcular de mejor manera el parámetro de red. En el caso del pseudopotencial PBE, BLYP y PZ-BHS tienen un error "aceptable" del 2% por lo que no se les puede descartar como "buenos" pseudopotenciales.

El pseudopotencial PBESOL y PZ-BHS de funcional GGA ofrece un mejor módulo volumétrico ya que toma el gradiente en cada punto del espacio. Y en el caso del pseudopotencial PBE, PZ y BLYP tiene un error más grande, ya que subestiman el módulo volumétrico, sin embargo, esto no los clasifica como un mal pseudopotencial para el resto de las propiedades.

BANDA PROHIBIDA Y DENSIDAD DE ESTADOS

Para la estructura de bandas el mejor candidato para acercarse al valor real en cada punto de alta simetría, es el pseudopotencial BLYP de funcional GGA, el pseudopotencial PZ-BHS y PZ de funcional LDA, ya que estos fueron los que tienen un menor error al momento de compararse en los puntos de alta simetría. Por parte del pseudopotencial PBE, PBESOL sobrestiman la estructura de bandas, quedando por encima de algunos puntos experimentales en la banda de conducción.

Finalmente, la densidad de estados de cada pseudopotencial no cambió, en ningún caso. Todos los pseudopotenciales tienen la misma tendencia.

FONONES

Para los fonones el pseudopotencial que mejor funcionó fue el PZ y el PZ-BHS, ya que en los puntos de alta simetría es donde mejor encaja con la literatura reportada. Para el caso de los pseudopotenciales PBE, PBESOL y BLYP, el valor de los fonones en su parte óptica era sobrestimado, provocando que los puntos teóricos estuvieran muy por encima de los puntos experimentales. Los puntos de alta simetría tomados en cuenta fueron los puntos Gamma, X, y L.

CONCLUSIÓN

Se observó que cualquier pseudopotencial a utilizar para obtener la propiedad de parámetro de red de un semiconductor de la familia III-N es aceptable, ya que está en el error conservado de 2\%.

Además de que para obtener el módulo volumétrico en cualquier caso de la familia III-N, el mejor candidato es el pseudopotencial PBESOL.

Se descubrió que para el caso de la familia de semiconductores III-N, tanto la estructura de bandas, banda prohibida y fonones no tiene una buena aproximación con los pseudopotenciales PZ, PZ-BHS, y BLYP.

Se obtuvo una mayor descripción de como son las propiedades electrónicas y vibracionales, obtenidas a través de primeros principios.

El haber obtenido las propiedades electrónicas y vibracionales de manera exitosa nos permite dar perspectiva a los posibles resultados de los efectos electrón-fonón. Estos nos terminarán de describir que es lo que sucede con la banda prohibida al momento de tomar en cuenta los modos de vibración propios del cristal con los electrones de los átomos de cada compuesto. Dándonos finalmente una gráfica de como el GAP varía en función de la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo se contó con el apoyo de Luis Aguilar, Alejandro De León, Carlos Flores y Jair García del Laboratorio Nacional de Visualización Científica Avanzada, UNAM Juriquilla.

Referencias bibliográficas

1. Allen, P.B. & Cardona, M. (1981). Physical Review B, 23(4):1495.
2. Atkins, P., & Friedman, R. (2005). Molecular Quantum Mechanics. 4a ed. Moscú: Oxford University Press
3. Burke, K & Friends. (2007). The ABC of DFT. University of California: Irvine.
4. Cyrus E. D., Stengel, M. & Vanderbilt, D. (2018). Current-density implementation for calculating flexoelectric coefficients, Phys. Rev. B 98, 075153, Editor's Suggestion, arXiv:1802.06390
5. González Rejón P. Y. (2020). Calculo empírico de la interacción electrón-fonon en semiconductores de la familia III-N: GaN, AlN e InN. (Tesis de Maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Unidad Querétaro)
6. Havlík, T. (2008). Effect of The Electronic Structure on leaching of Sulphide Semiconductors. En Hydrometallurgy(pp.294-308). United States: Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering.
7. Hernández Cocoletzi, H., Contreras Solorio, D.A., & Arriaga, J. (2005). Applied Physics A, 81(5):1029-1033.
8. Hohenberg, P. y Kohn W. (1964). Phys. Rev., 136, B864.
9. King Smith, R.D., Needs, R.J. Heine, V. & Hodgson, M.J. (1989) EPL (Europhysics Letters), 10(6):569.
10. Kittel, C. (2005). Introduction to Solid State Physycs.8a ed. California: John Wiley & Sons, inc.
11. Krystian, K. & Friedhelm B. (1997). Physical Review B, 56(12):7404.
12. Marini, A., Poncé, S., & Gonze, X. (2015). Phys. Rev. B 91,224310
13. Nakamura, K. G. (2018). Coherent Control of Optical Phonons in Solids. marzo 02 2021, de Encyclopedia of Interfacial Chemistry Sitio web: https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/phonon
14. Olguín, D. Cardona, M., & Cantarero, A. (2002). Solid state communications, 122(11):575-589.
15. Perdew, J. P., y Yue, W. (1986). Accurate and simple density functional for the electronic exchange energy: Generalized gradient approximation. Phys. Rev. B, 33, 8800–8802.
16. Perdew J.P., & Zunger A. (1981). Self-interaction correction to density-functional approximations for many-electron systems Phys. Rev. B 23, 5048.
17. Petrucci R.H., Harwood W.S., Herring F.G., & Madura. J.D. (1989). GENERAL CHEMISTRY Principles and Modern Applications 9th Edition. Macmillan Publishing Co: New Jersey.
18. P. B. Allen & Volker, H. (1976). Journal of Physics C Solid State Physics, 9(12):2305.
19. Salazar Altamirano, S., A. (2020) Aislantes topologicos: estudio de propiedades electrónicas y vibracionales de compuestos Semi-Heusler desde primeros principios (Tesis, Universidad Autónoma de Querétaro)
20. Togo, A. & Tanaka, I. (2015) First principles phonon calculations in materials science. Scr. Mater.,108:1-5.

Tecnología de Robot-Scanner Láser Móvil para monitoreo de infraestructura vial

Autor: M.C. Luis Enrique Rodríguez Olguín, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, l.enrique.rod96@gmail.com.

Asesor: Dr. Hugo Jiménez Hernández, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Dirección de Ingeniería Eléctrica y Electrónica hugojh@gmail.com.

Resumen

En este documento se describe el diseño y desarrollo de un prototipo para el escaneo móvil de la superficie de los caminos de conducción para la detección de zonas que pueden considerarse como defectos: huecos o salientes. Este prototipo utiliza un robot móvil que mediante el uso de un sensor LiDAR 2D escanea la superficie, midiendo la distancia relativa desde el sensor hacia el piso. Con el barrido del LiDAR y el avance del vehículo se muestrea la superficie, de tal forma que se genera una nube de puntos que representa la geometría del escenario. Los resultados preliminares muestran una eficiente detección de imperfecciones que ayudaran a la detección y evaluación de la calidad de la capa asfáltica en zonas urbanas.

Palabras clave

Prototipo MLS, reconstrucción 3D, LiDAR, nubes de puntos, infraestructura vial

Abstract

This document describes the design and development of a prototype for mobile scanning of the surface of driving paths to detect areas that may be considered as defects: gaps or protrusions. This prototype uses a mobile robot that through the use of a 2D LiDAR sensor scans the surface, measuring the relative distance from the sensor to the ground. With the scanning of the LiDAR and the advance of the vehicle, the surface is sampled, in such a way that a point cloud is generated that represents the geometry of the scene. Preliminary results show an efficient detection of imperfections that will help to detect and evaluate the quality of the asphalt layer in urban areas.

Key words

MLS prototype, 3D reconstruction, LiDAR, point clouds, road infrastructure

Introducción

Los sensores LiDAR (Light Detection and Ranging), permiten la extracción de nubes de puntos las cuales son un sistema de coordenadas tridimensional que representan la superficie externa de un objeto (AUTODESK, 2021).



Figura 1. Nube de puntos de una taza (AUTODESK, 2021).

Las nubes de puntos son una importante fuente de datos para aplicaciones cartográficas, fotogrametría y teledetección. Utilizando las nubes de puntos en las zonas urbanas se puede obtener la reconstrucción 3D de edificios, vegetación, servicios públicos (carreteras, líneas de alta tensión), arquitecturas de forma libre, entre otros (Wang, 2018). Los sensores LiDAR están compuestos de una serie de láseres que están unidos a un rotor y gira, desencadenando pulsos sobre el medio ambiente, permite determinar la distancia desde un

emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado. La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada (Hernández, 2015). Las técnicas de reconstrucción urbana 3D con LiDAR se pueden clasificar a partir de los datos de entrada del modelo, estos son los ALS (Airborne Laser Scanning-Escaneo Láser Aéreo), MLS (Mobile Laser Scanning-Escaneo Láser Móvil) y TLS (Terrestrial Laser Sacnning-Escaneo Láser Terrestre) como se muestra en la siguiente figura.

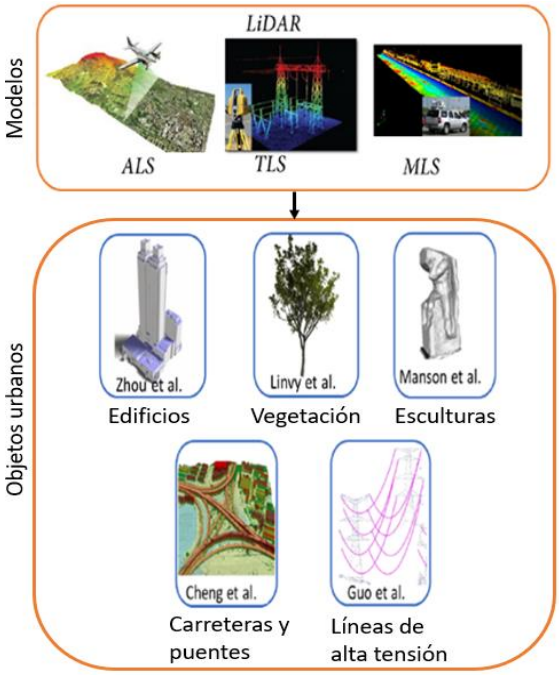


Figura 2. Tipos de escaneo láser (Wang, 2018).

Descripción del problema

Las superficies de rodamiento de las zonas urbanas (calles, avenidas, caminos, carreteras, etc.) representan las vías de comunicación de mayor uso. El estado óptimo, la detección temprana o preventiva de situaciones de fallas en la infraestructura vial, permite tomar acciones preventivas para evitar cierres y un uso correcto del sistema de comunicación. En este sentido, el desarrollo de tecnología preventiva eficiente ayudará a proveer soluciones tecnológicas que midan la calidad de la carpeta asfáltica por el número de incidencias (defectos) detectados. En el presente documento se presenta un prototipo funcional para la detección de defectos (entendiendo por estos como las geometrías irregulares en la carpeta asfáltica), que se encuentran en estas superficies como son baches y topes principalmente. Los baches pueden generar daños tales como neumáticos desinflados, daños en las ruedas, el impacto y el daño en la parte inferior de un vehículo, el frenado repentino y daño en la dirección del vehículo e incluso la colisión de este (Kim, 2014). Por ello, se busca desarrollar una tecnología que pueda detectar y reconocer los baches o cualquier anomalía sobre una superficie, que pueden contribuir a la mejora de la eficiencia y la calidad del pavimento.

Objetivo

La finalidad de este proyecto es realizar un prototipo MLS, el cual puede recopilar información de una superficie 3D a lo largo de los caminos de conducción (Wang, 2019), para reconstruir la capa asfáltica de zonas urbanas por medio de un sensor LiDAR 2D y detectar diferencias en la geometría de su superficie.

Materiales y Metodología

Materiales

El cuerpo del prototipo está compuesto por un LEGO MINDSTORMS, es una plataforma de robótica, fabricado por la empresa LEGO. LEGO MINDSTORM permite la construcción de proyectos que aglutinan una gran variedad de conocimientos relacionados con la ingeniería, programación, matemáticas y física.

LEGO MINDSTORM se compone por un dispositivo llamado EV3 brick. Este dispositivo realiza la gestión de las entradas y salidas, por lo que es el encargado del control del sistema, en él se realiza la programación y actúa como fuente de potencia. En la figura 3 se observa el set del LEGO MINDSTORM, este incluye una gran variedad de piezas permitiendo realizar cambios o modificaciones en el prototipo de una manera sencilla sin necesidad de maquinaria o equipo adicional al proyecto (Herrero, 2017).



Figura 3. LEGO MINDSTORMS (Herrero, 2017).

El RPLIDAR A1M8 es un sistema de medición y detección de objetos mediante láser con vista de 360 grados UDAR 2D, desarrollada por el equipo RoboPeak. Puede escanear un entorno de 360° dentro de un radio de 6 metros. La salida de RPUDAR es muy adecuada para construir mapas, lanzar SLAM o construir modelos 3D (SLAMTEC, 2018).

La frecuencia de exploración de RPLIDAR A1 es de 5,5 hz al muestrear 360 puntos en cada ronda. Y se puede configurar hasta 10 Hz como máximo. RPLIDAR A1 es básicamente un sistema de medición de triangulación láser. Puede funcionar excelente en todo tipo de ambientes interiores y exteriores sin luz solar, el sensor se muestra en la figura 4.



Figura 4. Sensor RPLIDAR A1M8 (SLAMTEC, 2018).

Metodología

La metodología para el desarrollo del proyecto se puede observar en la figura 5, en esta se muestran las etapas en las que se divide el proyecto. El proyecto se divide en 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

- Diseño y construcción del prototipo: Esta etapa consiste en realizar un diseño del prototipo y su construcción.
- Adquisición de datos: En esta etapa se realiza la adquisición de datos por medio del sensor RPLIDAR A1M8 acoplado en el prototipo MLS.
- Interpretación y filtrado de datos: Se realiza la interpretación de los datos, se organizan y se filtran.
- Reconstrucción de la superficie: Se realiza la reconstrucción de la superficie utilizando los datos filtrados.

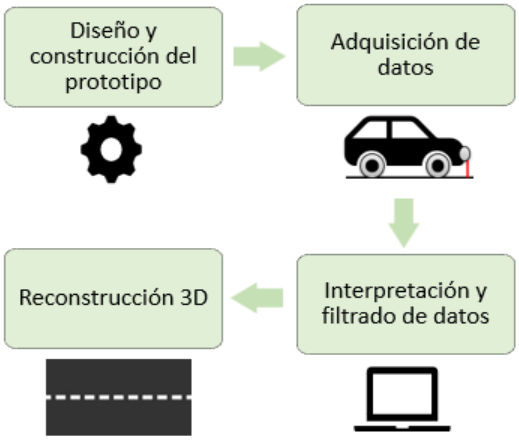


Figura 5. Diagrama de etapas del proyecto.

La experimentación se lleva a cabo de manera que el prototipo MLS recorre una superficie en una trayectoria recta (maqueta diseñada previamente con defectos conocidos) a una velocidad constante programada en el LEGO MINDSTORM, el carrito se desplaza mientras el sensor LiDAR se encuentra adquiriendo datos, esto se presenta de manera gráfica en la figura 6.

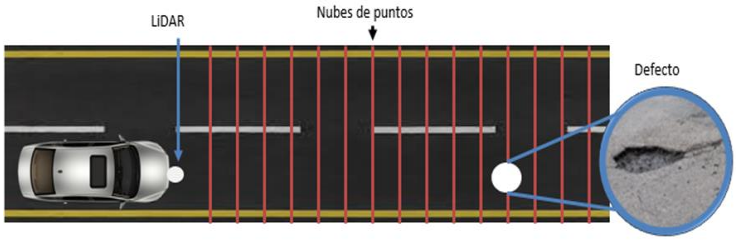


Figura 6. Adquisición de datos con LiDAR.

Desarrollo del proyecto

Diseño y construcción del prototipo

El diseño del robot se realizó en SolidWorks con la finalidad de realizar modificaciones o cambios necesarios al prototipo y contar con su documentación, en la figura 7 se muestra el diseño y el ensamble del prototipo.

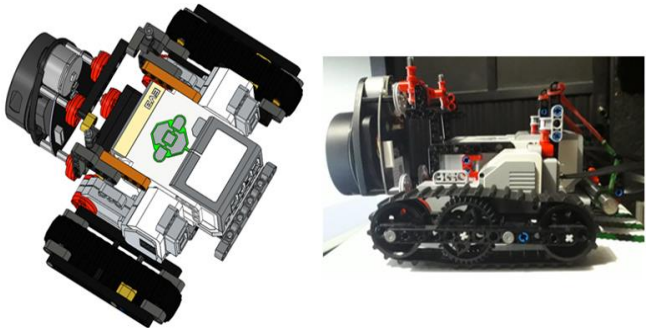


Figura 7. Diseño de prototipo MLS.

Adquisición de datos

Para poder adquirir datos con el prototipo MLS se realizaron dos algoritmos en Python con diferentes funciones. El primero fue para controlar el desplazamiento del robot y el otro para adquirir y guardar los datos adquiridos con el sensor. En la figura 8 se muestra la zona experimental y el prototipo construido.

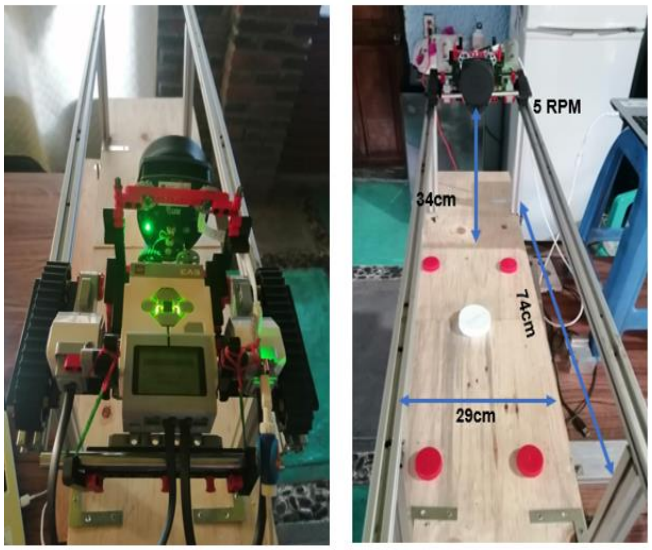


Figura 8. Diseño de prototipo MLS.

En la figura 9 se muestra el diagrama de flujo de los algoritmos implementados.

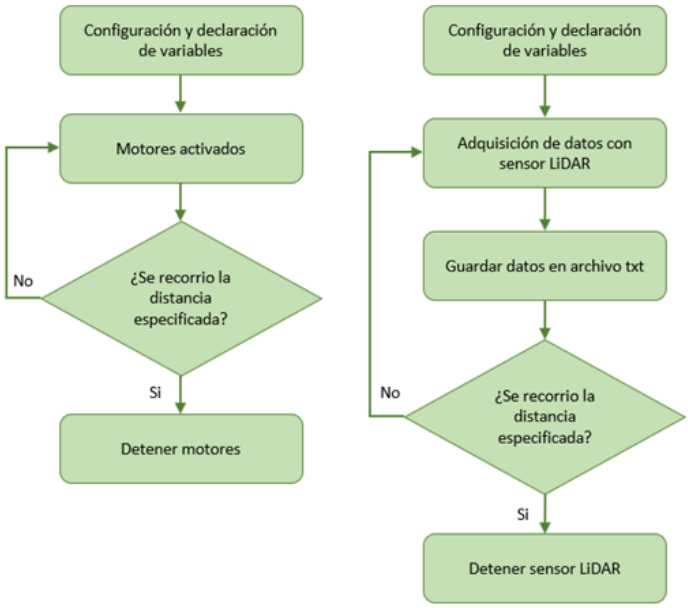


Figura 9. Diagrama de flujo de algoritmos de adquisición.

Para las primeras pruebas se colocaron 5 tapas simulando defectos en la superficie (la superficie simula el camino de conducción), el prototipo se coloco a una altura de 34 cm y se desplazó a una velocidad constante de 5 RPM para reconstruir un área de 74 cm de largo por 29 cm de ancho. Los datos adquiridos son almacenados en archivos de texto, cada archivo corresponde a una vuelta del sensor (los 360° del entorno).

Los datos están conformados por 2 columnas, la primera representa la posición en la que realiza la medición el sensor (0 a 360°) y la segunda la distancia que hay del sensor a la superficie. En la figura 10 se muestra un ejemplo de esta información adquirida.

0.078125	1525.5
1.265625	1527.75
2.46875	1532.25
3.703125	1534.75
4.875	1538.75
6.109375	1538.5
7.375	1549.0
8.578125	1547.25
9.75	1557.5
10.9375	1560.0
12.125	1562.5
13.34375	1566.5

Figura 10. Datos adquiridos por el sensor LiDAR.

Interpretación y organización de datos adquiridos

Después de adquirir la información y guardarla en archivos de texto, se desarrolló un algoritmo en Python con la finalidad de organizar los datos en una matriz. El diagrama de flujo del algoritmo de muestra a continuación.

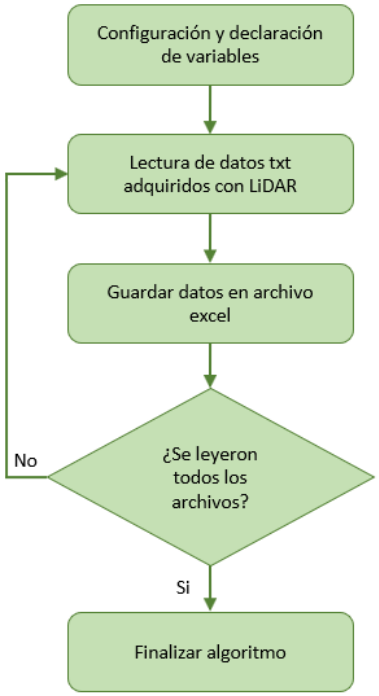


Figura 10. Datos adquiridos por el sensor LiDAR.

Cada archivo de texto contiene un vector de 360 valores que son las distancias adquiridas, todos estos datos se indexan a una matriz donde cada renglón de esta es una vuelta del sensor y nos muestra el desplazamiento del prototipo.



Figura 11. Organización de datos adquiridos.

Filtrado de datos y reconstrucción de la superficie

Los datos son procesados y transformados a una pseudoimagen con un algoritmo desarrollado en Matlab con la finalidad de filtrar la imagen y obtener la reconstrucción de la superficie. La pseudoimagen se aprecia en la figura 12.

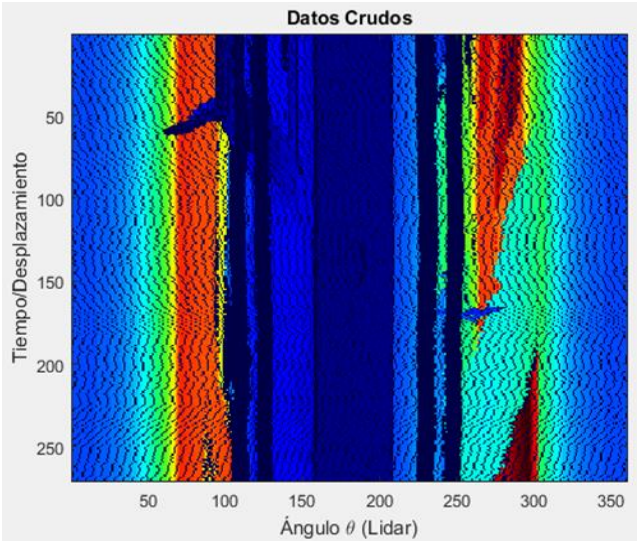


Figura 12. Pseudoimagen de datos adquiridos por el sensor Lidar.

A partir de la pseudoimagen se extraen los datos de interés, los cuales nos indican la superficie a analizar, en base a esta imagen se realiza el filtrado y análisis. La figura 13 muestra los datos que se toman en cuenta para el análisis, recordemos que el sensor LiDAR realiza la medición en 360° y para la finalidad del proyecto solo nos interesan los grados que abarcan la superficie de nuestra zona experimental.

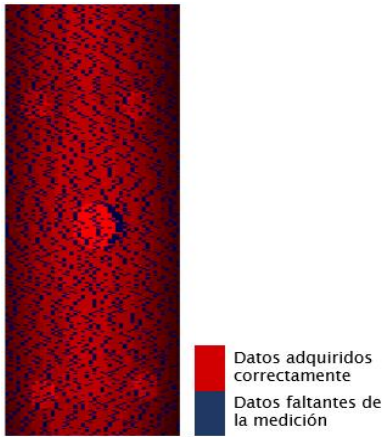


Figura 13. Pseudoimagen de datos de interés.

Cada píxel de la imagen representa una medición por el sensor y en ella se encuentra el valor de la distancia correspondiente, también se encuentran datos que no se adquirieron correctamente ya sea por el error del sensor de ± 1 grado o algún otro error en ese punto. En la figura 14 se muestra la misma imagen en 3D.

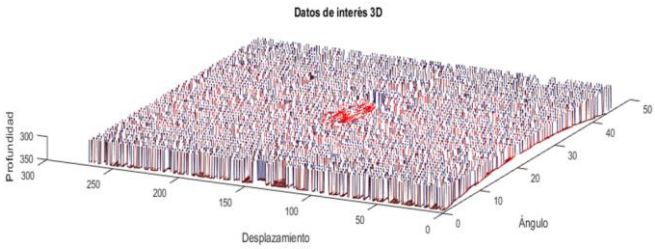


Figura 14. Datos de interés en 3D.

Después se implemento un filtro de promedio de vecinos, el cual se utiliza para disminuir los efectos negativos que se pueden presentar en una imagen digital como consecuencia de un sistema de muestreo pobre o del canal de transmisión (Gonzales, 1996) con la finalidad de a completar la información faltante, promediando todos los datos adquiridos correctamente a su alrededor.

Distancia	*Distancia*	*Distancia*
Distancia	Valor faltante	*Distancia*
Distancia	*Distancia*	*Distancia*

Figura 15. Filtro promedio de vecinos.

Los resultados de filtro se visualizan a continuación en la figura 16.

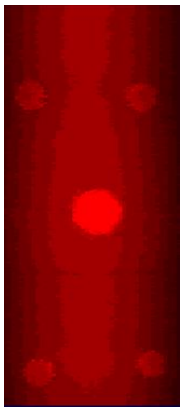


Figura 16. Resultados de filtro de promedio de vecinos.

En la figura 17 se muestra el resultado del filtro en 3D, aquí se aprecia como se completan los datos faltantes y como ya se tiene una reconstrucción preliminar de la superficie.

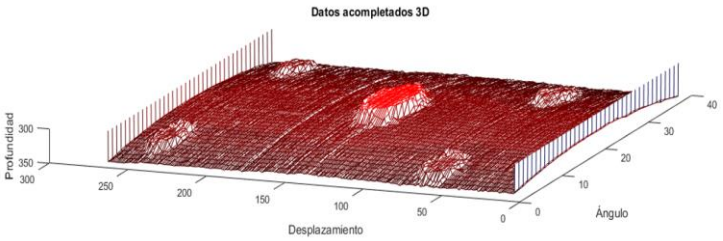


Figura 17. Datos completados en 3D.

Como se puede observar en la figura anterior, los objetos o defectos en la superficie son 5 con una forma circular ya que son representados con las tapas. Por último, se implementó un filtro pasa bajas, el cual, tiene por efecto dejar pasar o mantener intocables los componentes de baja frecuencia espacial de una imagen y los componentes de alta frecuencia están atenuados o virtualmente ausentes en la imagen de salida (Aldalur, 2002), en la figura 18 y 19 muestra el resultado de la reconstrucción de nuestra zona experimental.

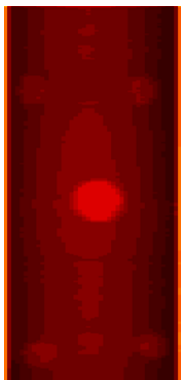


Figura 18. Pseudoimagen filtrada.

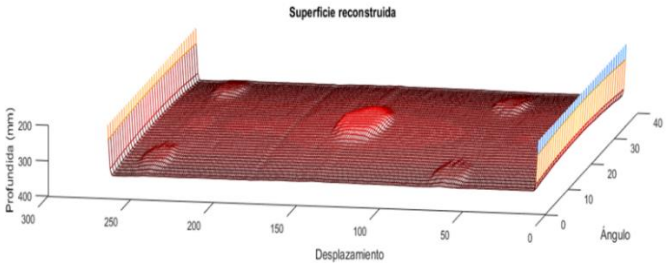


Figura 19. Superficie reconstruida.

Resultados

Aplicando el mismo procedimiento a pruebas donde existen defectos que simulan hoyos y topes se tiene una reconstrucción muy completa de la superficie, en las figuras 20, 21, 22 y 23 se muestran estos resultados.



Figura 20. Pruebas con varios defectos.

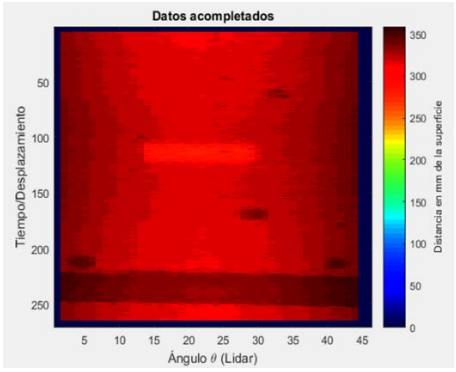


Figura 21. Datos completados de las pruebas.

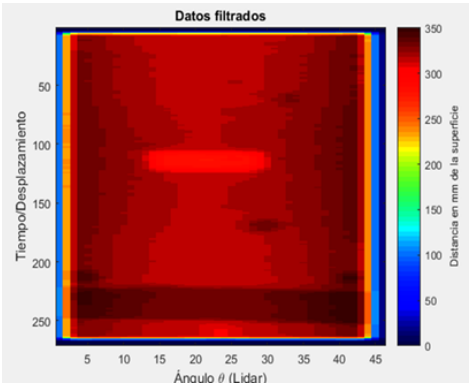


Figura 22. Datos filtrados de las pruebas.

La reconstrucción 3D de la superficie con múltiples defectos se muestra en la figura 23.

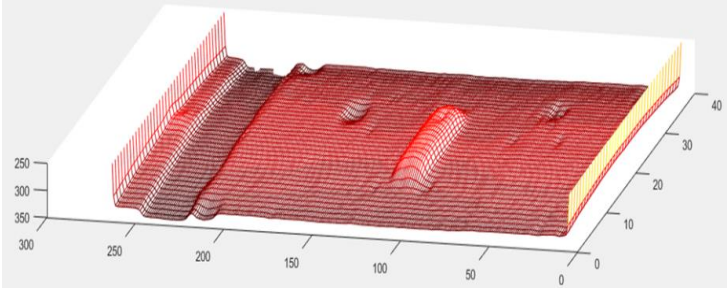


Figura 21. Reconstrucción de la superficie con múltiples defectos.

Conclusiones

Los resultados de la experimentación con el prototipo MLS son satisfactorios considerando que se logra obtener una reconstrucción 3D de la superficie, aunque hay que tomar en cuenta que aún hay trabajo a desarrollar, ya que, al momento de analizar la imagen se pueden implementar una gran variedad de filtros. Al variar los diferentes parámetros de los filtros se entregan resultados distintos, por ejemplo, unos suavizan más los defectos encontrados. También se puede realizar un análisis basándonos en la forma de los defectos, esto se lleva a cabo aplicando un filtrado morfológico.

Hasta el momento, se ha podido validar la metodología propuesta. Se espera se suavice aún más la imagen y la zona de los defectos se vean más marcados, se tienen muchos parámetros modificables como son la velocidad del vehículo, la frecuencia de adquisición del sensor, el tipo de filtro de tendencia central y los filtros espaciales paso bajo que puede cambiar el kernel, y podrían aplicarse filtros morfológicos donde puede cambiar el elemento estructurante para poder obtener un mejor resultado en la detección y análisis de los defectos en las superficies.

En cuanto a la parte de la resolución de la distancia, por parte del sensor se tiene 0.5mm y a la velocidad que se llevaron las pruebas, el prototipo realiza una medición cada 2.7mm que se desplaza. Se podría concluir que el prototipo presenta una excelente precisión en la reconstrucción de la superficie.

Aplicabilidad social y trabajos futuros

La propuesta de trabajo es interesante, ya que con el uso de sensores LiDAR de costo moderado se pueden desarrollar diferentes proyectos de reconstrucción de exteriores. Sin embargo, la aplicación de este trabajo presenta un impacto social alto ya que se puede implementar para un escaneo y análisis en cualquier tipo de infraestructura, en este trabajo se enfoca en realizar un prototipo y realizar la transferencia tecnológica a uno de escala real para determinar el estado de los caminos de conducción, una vez obtenida la reconstrucción, se puede realizar un análisis profundo en el cual, se enfoque a dimensionar los defectos e incluso obtener un cálculo aproximado del material necesario para su reparación además de incluir un sistema de posicionamiento para conocer la ubicación de los defectos.

Otros ejemplos de las aplicaciones pueden ser conocer el análisis estructural de un edificio acoplando el sensor en un dron o un análisis en las estaciones de un sistema de transporte colectivo como el metro con la finalidad de prevenir accidentes.

Este trabajo define una línea de investigación y desarrollo de tecnología de detección de geometrías con tecnología láser tridimensional.

Referencias bibliográficas

Abdelwahab, M. M., El-Deeb, W. S., & Youssif, A. A. (2019, September). LIDAR Data Compression Challenges and Difficulties. In 2019 5th International Conference on Frontiers of Signal Processing (ICFSP) (pp. 111-116). IEEE.

Aldalur R, B.; Santamaría, M. (2002). “Realce de imágenes: filtrado especial”. Revista de teledetección, vol. 17, p. 31-42.

AUTODESK Help. (2021). Acerca de la nube de puntos. 15 julio de 2021, de AUTODESK Sitio web: https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Inventor-Help/files/GUID-BF0DD4A3-4C03-4AF3-88ED-2DD135668D64-htm.html

Gargoum, S., & El-Basyouny, K. (2017, August). Automated extraction of road features using LiDAR data: A review of LiDAR applications in transportation. In 2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS) (pp. 563-574). IEEE.

González, R.C., Wintz, P. (1996), Procesamiento digital de imagenes. Addison-Wesley, Tema 3,4, pag 89-269.

Hernández-Díaz, T., Vázquez-Cervantes, A., Gonzalez-Barboza, J. J., Barriga-Rodríguez, L., Herrera-Navarro, A. M., Baldenegro-Pérez, L. A., & Jiménez-Hernández, H. (2015). Detecting background and foreground with a laser array system. Measurement, 63, 195-206.

Herrero Fernández Iván. (2017). Sistema de Automatización basado en LEGO EV3. 12 junio de 2021, de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA Sitio web: https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/6532/tfg-her-sis.pdf?sequence=1

Kim, J. J., & Choi, S. I. (2017). Implementation of Pothole Detection System Using 2D LiDAR. 대한전자공학회 학술대회, 607-610.

Kim, T., & Ryu, S. K. (2014). Review and analysis of pothole detection methods. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 5(8), 603-608.

SLAMTEC. (2018). RPLIDAR A 1. Marzo 2020, de SLAMTEC Sitio web: https://www.robotshop.com/media/files/pdf2/ld108_slamtec_rplidar_datasheet_a1m8_v1.1_en_2_.pdf

Sucgang, N. J., Ramos Jr, M., & Arriola, N. A. (2017, March). Road surface obstacle detection using vision and LIDAR for autonomous vehicle. In Proceedings of the international multiconference of engineers computer scientists (IMECS), Hongkong, China.

Tsai, Y. C., & Chatterjee, A. (2018). Pothole detection and classification using 3D technology and watershed method. Journal of Computing in Civil Engineering, 32(2), 04017078.

Vincent, R. A., & Ecker, M. (2010). Light detection and ranging (LiDAR) technology evaluation (No. OR11-007). Missouri. Dept. of Transportation.

Wang, R., Peethambaran, J., & Chen, D. (2018). Lidar point clouds to 3-D urban models $: $ A review. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 11(2), 606-627.

Wang, Y., Chen, Q., Zhu, Q., Liu, L., Li, C., & Zheng, D. (2019). A survey of mobile laser scanning applications and key techniques over urban areas. Remote Sensing, 11(13), 1540.

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA SOLAR: CASO DE ESTUDIO EN AMEALCO DE BONFIL, QRO.

Autores: José Alberto Cano Piña[1], Ezequiel Sánchez Reza[1]
[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, 76010, esanchez80@alumnos.uaq.mx
Asesor: Dr. Trejo Perea Mario[2]
[2]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Santiago de Querétaro 76010, México, mtp@uaq.mx

RESUMEN
La amenaza del cambio climático debido al calentamiento global (provocado en gran parte por la quema de combustibles fósiles) ha impulsado la búsqueda de fuentes de energía renovables como el sol y el viento, en Querétaro es un buen lugar para obtener energía solar debido a su ubicación geográfica. Principalmente se eligió como objeto de estudio una peletería-casa residencial en la que posteriormente determinamos la potencia que demanda, misma que nos permitió, con tal dato, realizar los cálculos tanto del número de paneles solares como de temas de posicionamiento; una vez realizados los cálculos se procedió a la determinación del tipo de panel a utilizar y los elementos que consigo se requieren para realizar su instalación y por tanto su conexión en serie como la interconexión a la red eléctrica. Con el diseño e implementación del sistema fotovoltaico (PV) instalado, nos permitió tener una disminución en el cargo de energía eléctrica de $20,000.00 pesos M. N. a $8,998.00 pesos M. N., lo que representó un ahorro aproximado de hasta 50% del cargo bimensual.
PALABRAS CLAVE Cambio climático, red eléctrica, sistema fotovoltaico.

ABSTRACT
The threat of climate change due to global warming (largely caused by the burning of fossil fuels) has prompted the search for renewable energy sources such as the sun and wind, Queretaro is a good place to obtain solar energy due to its geographical location. The main object of study was chosen as a residential house-fur in which we later determined the power demand which allowed us, with this data, to calculate the number of solar panels and positioning issues; once the calculations were done we proceeded to determine the type of panel to use and the elements that are required for installation and therefore its connection in series and the interconnection to the power grid. With the design and implementation of the photovoltaic (PV) system installed, we were able to reduce the electric energy charge from $20,000.00 pesos M. N. to $8,998.00 pesos M. N., which represented an approximate savings of up to 50% of the bimonthly charge.
KEY WORDS Climate change, power grid, photovoltaic system.

I. INTRODUCCIÓN
Los combustibles fósiles han sido la principal fuente de energía en el mundo, sin embargo, estos recursos son finitos. La amenaza del cambio climático debido al calentamiento global (provocado en parte por la quema de combustibles fósiles) ha impulsado la búsqueda de fuentes de energía renovables como el sol y el viento. La energía solar es una fuente de energía sostenible, respetuosa con el medio ambiente y rentable, disponible en todo el mundo, por esta razón las tecnologías solares que utilizan PV han penetrado en el mercado de producción de energía eléctrica, con las ventajas adicionales de trabajar en silencio y con bajo costo de mantenimiento (Gil, et al., 2019). Es por ello que la energía solar fotovoltaica ofrece oportunidades para generar valor económico, reducir los impactos ambientales y, sobre todo, mejorar aspectos sociales como aumentar la calidad de vida y el acceso a la energía a precios asequibles. Por ejemplo, a nivel mundial, la capacidad de generación de energía ascendió a 6000 gigawatts (GW), de los cuales 1985 GW provinieron de fuentes renovables, siendo 222 GW de los sistemas

fotovoltaicos instalados. Así, la capacidad instalada de generación de energía renovable fue de sólo 13.5% (Rosas, Zenón, Morillón, 2019).

Sucupira y Castro (2021) en su investigación realizada sobre los métodos de captura de energía solar expresan que la planificación correcta en el despliegue de paneles fotovoltaicos en ubicaciones exteriores con mayor incidencia solar alcanza un alto valor en la obtención de energía. Dicho lo anterior, aspectos como la latitud, el día del año, la pendiente o el ángulo de inclinación, el ángulo azimutal de la superficie, la hora del día y el ángulo de la radiación incidente son aspectos que afectan la radiación solar recibida en un módulo fotovoltaico, sin embargo, los únicos factores controlables son el ángulo azimutal de la superficie y el ángulo de inclinación en un módulo fotovoltaico instalado correctamente (Božiková, et al. 2021; Dai y Bai 2021). En efecto, Alves y Ruttkay (2021) mencionan que factores como el comportamiento humano, el coste inicial de las medidas y las pérdidas físicas de las viviendas, son factores que intervienen en cómo se comporta factores como el ahorro energético y el que se favorezca a la eficiencia del sistema debido a que los consumidores valoran mucho el ahorro inmediato y no tienen en cuenta la importancia de ahorro futuro.

Por otra parte, la implementación de un sistema central de almacenamiento de energía (ESS) puede favorecer en aliviar variaciones de voltaje de la red en escenarios de alta penetración de sistemas fotovoltaicos (control de energía inyectada para mantener la variación de voltaje dentro de estándar), teniendo como ventaja energía disponible entregada a la red (Rodríguez et al. 2021).

El objetivo de la presente investigación es generar energía solar con el motivo de determinar en el municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro, la cantidad de paneles solares que son necesarios para satisfacer las necesidades con las que cuenta el establecimiento, siendo éste, una peletería-casa residencial para así lograr disminuir el cargo por consumo de energía eléctrica mismo que beneficiaría a la economía del propietario.

Se prevé para el establecimiento tener una reducción en el cargo por consumo de energía de la red eléctrica de hasta un 50% de lo que se paga actualmente.

II. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

México está ubicado en América del Norte dentro de la franja latitudinal desde 14 a 33°. Su territorio cubre aproximadamente 2.000.000 km^2 con una densidad de población de 57 habitantes por km^2. El clima en el país es mayormente templado en el centro y tropical en las costas, donde la temperatura oscila entre 29 y 34 °C en verano y entre 5 y 8 °C en invierno. La irradiación solar media en todo el país es de 5.56 $\frac{kWh}{m^2}$ por día (Rosas et al., 2019); en el verano, la irradiación global en México es la más alta en el noreste y Península de Baja California, con valores promedio de $7-8\ \frac{kWh}{m^2}$ por día. En el resto del país, el promedio es de $5\ a\ 6\ \frac{kWh}{m^2}$por día. En invierno, la irradiación global presenta los valores más bajos en el norte del país y el Golfo de México, con valores que oscilan entre $2\ y\ 2.5\ \frac{kWh}{m^2}$ por día. En el zona sur de México, estos valores incrementan un poco a medida que la latitud disminuye, alcanzando valores altos de hasta $4.5-5\ \frac{kWh}{m^2}$ por día (Figura1).

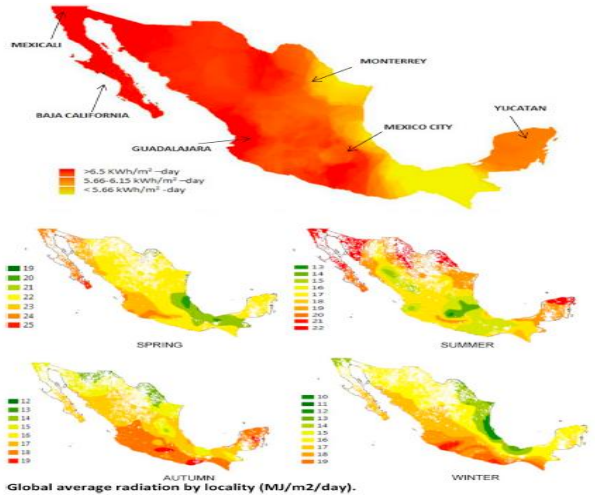


Figura 1. Radiación solar de México en distintas estaciones del año (Rosas et al., 2019).

Específicamente en la localidad de Amealco de Bonfil, Querétaro, se tiene que la peletería-casa residencial en cuestión se encuentra entre dos zonas con radiación solar óptimas para el correcto funcionamiento de los paneles ya que se cuenta con una capacidad instalable de 105.13 Mega Watts (MW) y un potencial de generación de 261.94 Giga

Watts hora anuales (GWh/a) en una zona 1 de 2.25 km^2, (Figura 2), la segunda zona en un área de 16.29 km^2existe una capacidad instalable de 762.37 MW y un potencial de generación de 1,895.98 GWh/a, (Figura 3) (Atlas Nacional de Zonas de con alto Potencial de Energías Limpias [AZEL])



Figura 2 Capacidad instalable y generación de potencia.

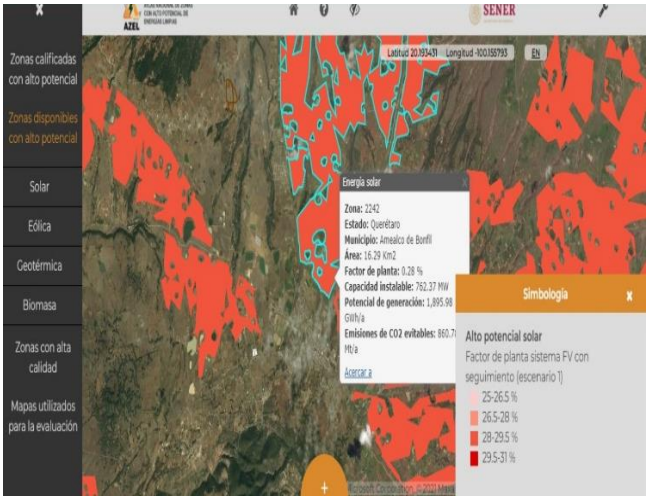


Figura 3 Capacidad instalable y generación de potencia.

Para la determinación del PV se necesitan distintas consideraciones para ello se toma en cuenta el cálculo de consumo eléctrico (E). El consumo de energía para un uso final dado (i) puede describirse como un producto de tres parámetros: la intensidad energética del uso final (li), saturación de uso final (Si) y nivel agregado o unidad utilizada para expresar la intensidad energética (Z). La intensidad energética se define como el uso de energía per cápita o por hogar y, en consecuencia, Z sería la población total o número de hogares, respectivamente (Ecuación 1) (Rosas et al., 2019):

$$E = Z \sum_{I} \sum_{k} I_{ik} S_{ik} \quad (1)$$

La cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para cubrir el consumo eléctrico está en función del área geográfica, ya que depende de la radiación solar de la ubicación. La energía media mensual que deben suministrar los paneles (Ep), se puede calcular como (Ecuación 2) (Rosas et al., 2019):

$$E_p = \left(\sum_{i} Ei \right) + perdidas \quad (2)$$

Se consideran las horas pico de sol (HPS) como unidad, debido a que esta representa el valor numérico de la energía suministrada a 1 m^2 de superficie horizontal. La HPS se define como las horas de sol a una intensidad de 1000 W / m^2. Esto se obtiene con (Ecuación 3) (Rosas et al., 2019):

$$HPS = \frac{radiacion\ total\ diaria\ \left(\frac{Wh}{m^2}\ dia\right)}{1000 \frac{W}{m^2}} \quad (3)$$

Una consideración importante en el cálculo de los paneles va en función de la declinación solar (δ) la cual se calcula respecto del ángulo de oblicuidad de la elíptica (ε_{ob}), el cual tiene un valor constante, también va en función del día juliano (n_j) del año, donde 1 de enero es n_j=1 y 31 de diciembre n_j=365. Por ello la formula para conocer la declinación solar es (Ecuación 4) (Tejeda y Gómez, 2015).

$$\delta = \varepsilon_{ob} \sin\left[\frac{360(284+n_j)}{365}\right] \quad (4)$$

En el cálculo de la inclinación adecuada intervienen factores como es el ángulo horario (ω), el cual está considerado bajo la siguiente tabla con relación a un horario basado en las horas donde el sol permitiría a los paneles solares captar radiación solar (Tabla 1).

Tabla 1 Relación entre la hora y el ángulo horario w (Tejeda y Gómez, 2015).

Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
ω	90°	75°	60°	45°	30°	15°

12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
0°	-15°	-30°	-45°	-60°	-75°	-90°

De igual manera se debe tener en consideración la altura solar ($\hbar$)la cual está dada por, δ, la latitud (ϕ) y ω (Ecuación 5) (Tejeda y Gómez, 2015).

$$\sin \hbar = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (5)$$

El acimut solar es importante al hacer la corrección de inclinación en una instalación de paneles solares, este está en función de δ, ω, $\hbar$ (Ecuación 6) (Tejeda y Gómez, 2015).

$$\sin \gamma = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \hbar} \quad (6)$$

Para el cálculo del número de panel, generalmente se utiliza el promedio de radiación en las diferentes estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno) con la corrección de la colocación del panel en un plano inclinado óptimo por localidad en base a la información de la corrección se realiza con la ecuación relativa al ángulo de incidencia de la radiación del haz sobre una superficie, θ, con respecto a ϕ, δ, pendiente (β), es (Ecuación 7) (Rosas et al., 2019):

$$\begin{aligned} \cos\theta = {} & \sin \delta \sin \phi \cos \beta \\ & - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \ \sin \omega \end{aligned} \quad (7)$$

El número de paneles a instalar será determinado por el valor del cociente de Ep y la energía que realmente es capaz de producir cada panel a lo largo del día o la temporada del año. El factor de corrección de 0.9 incluye las pérdidas adicionales, éstas debidas por posible suciedad en los paneles, reflexión en los momentos de incidencia oblicua y la potencia del panel P (Ecuación 8) (Rosas et al., 2019):

$$Número\ de\ paneles = \frac{E_p}{0.9 * P * HPS} \quad (8)$$

III. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se eligió como objeto de estudio una peletería-casa residencial en el municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro, misma que nos permitirá conocer los alcances que puede tener la implementación de un PV, es por ello que se busca tomar conciencia y demostrar a la población que actualmente tiene algún establecimiento similar o con mayor potencia de energía demandada, observar los beneficios que se pueden tener para así considerar si le es conveniente tomar alternativas que no dañen al medio ambiente y, por supuesto, favorecer la economía del propietario.

Es importante mencionar que para la determinación de la cantidad de paneles solares se debe tener en cuenta cual es la potencia instalada con la que cuenta el establecimiento al que se le adicionará el PV, para ello, se llevó a cabo la metodología mostrada en Figura (4):

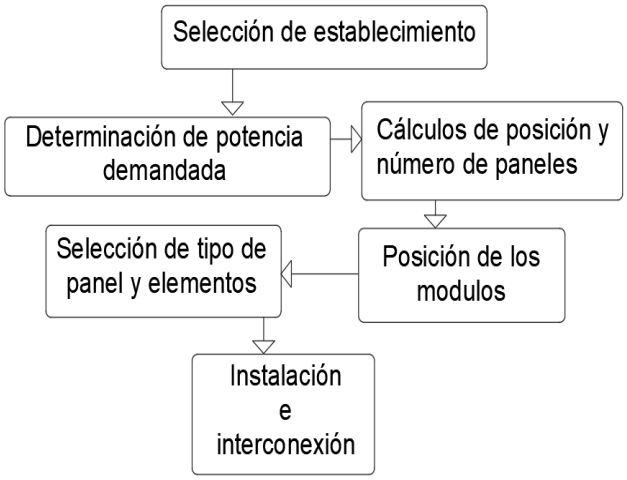


Figura 4. Metodología.

Para la determinación de la potencia que consume el establecimiento se utilizó como punto de referencia un recibo de energía eléctrica que nos fue proporcionado por el propietario (Figura 5), en él se puede observar claramente cuál es el consumo que se tiene, en tal caso de 2436 kilowatt hora (kWh), lo anterior es posible determinar realizando la suma de la demanda que tiene cada uno de los artículos

instalados como son los refrigeradores, focos o cualquier otro artículo que necesite de energía eléctrica para su funcionamiento y la energía media mensual que deben suministrar los paneles se determinó con la Ecuación (2), debido a que existen pérdidas en el momento de que se encuentran instalados, dicho de otra forma, en funcionamiento, es por ello que así se consideran en la ecuación.



Figura 5 Recibo de energía eléctrica.

Posterior a la obtención de potencia, es necesario saber cuál es la radiación solar que se tiene en la localidad, para ello, se consideró como referencia la radiación promedio que menciona Rosas et al. (2019) con la que podemos determinar las HPS implementado la Ecuación (3). La razón para utilizar el concepto de HPS es que permite evaluar el rendimiento energético con mayor rapidez. Cabe mencionar que los experimentos de laboratorio y las pruebas de paneles fotovoltaicos se realizan generalmente bajo la condición de una intensidad solar máxima (1 kW / m^2), y los resultados se expresan típicamente en función de esta condición. Por lo tanto, la potencia nominal de un panel se refiere típicamente a esta intensidad. Cabe aclarar que el resultado de HPS es puramente matemático y coincide con las definiciones de la HPS de acuerdo con los tiempos dados (Rosas et al. 2019). Posteriormente es necesario determinar la declinación solar implementando la Ecuación (4), la altura solar mediante la Ecuación (5), el acimut solar con la Ecuación (6), de igual forma el ángulo de incidencia de la radiación del haz sobre la superficie, Ecuación (7).

Posterior al trabajo de escritorio, la determinación de la posición de los paneles solares se refleja con los valores obtenidos de la implementación de las Ecuaciones (4, 5, 6 y 7).

Una vez obtenidos los datos anteriores, la determinación del número de paneles que se utilizaron fueron determinados al implementar la Ecuación (8) la cual al realizar el cociente de E_p y la energía que es capaz de producir un panel a lo largo del día; en ella se considera un factor de corrección el cual hace referencia a la verdadera forma en que trabajan los paneles solares, hablando en términos de generación de energía a lo largo del día en presencia del sol en su posición tal que el panel trabaja con mayor eficiencia por lo tanto se calcularon un total de 35 paneles a necesitar con base a las demandas del usuario.

Para ello, el espacio donde se realizó el posicionamiento de los módulos fue en la azotea del establecimiento misma que nos favoreció dado que es propiedad privada y no tendría ningún caso que llegara a incidir sobre ellos la presencia de alguna sombra generada por algún obstáculo.

En tal caso, el panel que se tomó en consideración fue de la marca Eagle Plus 72 (Figura 6), 340-360 W con modulo mono cristalino, con una eficiencia del 18.57% capaz de generar 340 W, con 10 años de eficiencia a su máximo rendimiento y 25 años más con rendimiento de 90% a 80.2%, el tipo de celda que emplea es Mono-crystaline PERC de dimensiones 156 x 156 mm, siendo un total de 72 celdas por panel, respecto al panel completo tenemos que sus dimensiones son 1956 x 992 x 40 mm, con un peso de 26.5 kg, en la parte superior del panel se tiene un vidrio anti reflejante de 4mm de espesor el cual ayuda a captar de mejor manera, también contiene una caja de conexión IP67 Rated ubicada en la parte trasera del panel.

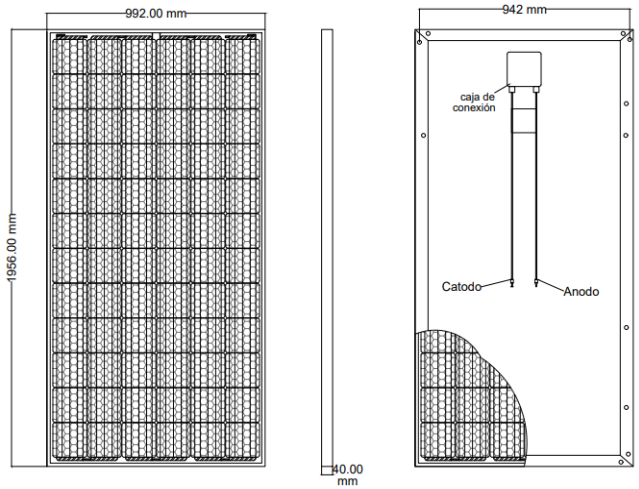


Figura 6. Dimensiones y Representación de panel fotovoltaico.

El inversor de corriente considerado es de la marca Growatt MTPL-US, con una eficiencia máxima de 97.8%; recibe un voltaje de corriente directa (CD) de hasta 600 V esto a cuanto entrada, de salida este inversor genera una potencia nominal de corriente alterna (CA) de 8000 W, con una corriente máxima de salida de 33.5 A, sus características físicas son que cuenta con dimensiones de 361 x 607 x 249 mm, un rango de temperatura de operación de -25+60°C, una pantalla de LCD, número de MPPTs de 3, máxima corriente por MPPT de 9.5/19 A, máxima potencia FV por MPPT de 3250/6500 W. Para la bajada del cableado se seleccionaron tubos de 25.4 mm o 1”; y cajas ovales ROSC con entrada y salida a 45° con rosca, interruptor termomagnético.

Para la instalación de los paneles solares se utilizó una estructura de acero la cual fue unida por medio de implementación de soldadura misma que fue fijada en los apoyos utilizando tornillos. Los paneles solares que se utilizados se acomodaron en forma consecutiva para así no desaprovechar el espacio y que se albergaran de forma eficiente el total de paneles que se instalaron; para su conexión se realizó en un arreglo en serie; en la instalación, se utilizó tubo tipo conduit el cual dirige los conductores eléctricos que provienen de la azotea al tablero donde se realizó la conexión con el inversor. Para el caso de la interconexión que se realizó, en ésta se utilizó un interruptor termomagnético y posterior a ello se encontraba el medidor de luz y la bajada proveniente de la red eléctrica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagrama de funcionamiento determinado, en base a las demandas del usuario y a su presupuesto, se comienza con la instalación de los paneles, después se procedió con la instalación de paneles en serie debido a que así es más eficiente la captación de energía, posteriormente se sacan las líneas hacia el inversor ya que como resultado del análisis se optó por no usar el banco de baterías, dicho inversor funciona como un puente entre la energía de los paneles y la energía suministrada por la red, para así poder proporcionar la corriente adecuada para todos los aparatos dentro de la paletería-casa residencial y la casa; el suministro de energía convencional proviene de la línea convencional, pasa en primer instancia por el medidor bidireccional para su registro, en dicho medidor se estará registrando la energía producida por los paneles para de igual forma tener un registro y así poder saber del consumo total que porcentaje provendrá de cada elemento (Figura 7).

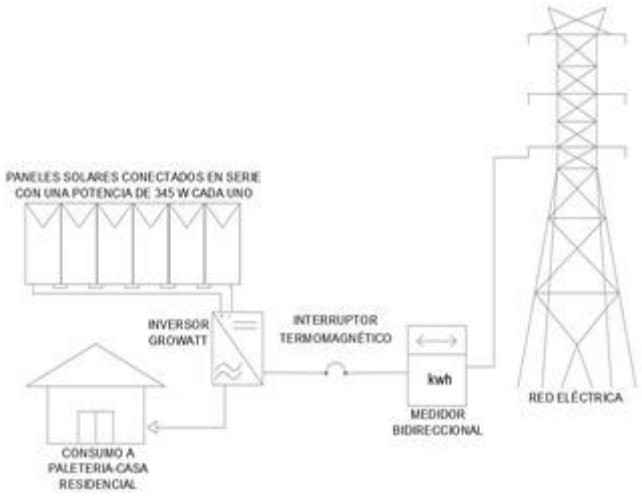


Figura 7. Diagrama de interconexión.

La ubicación del establecimiento es Calle Melchor Ocampo sin número, colonia la Loma, Amealco de Bonfil, Querétaro México. Con coordenadas 20° 11´ 33.84” N y 100° 09´ 19.05” W. La paletería lleva el nombre de La Zacatecana perteneciente al señor Adrián Sánchez (Figura 8).



Figura 8. Fachada principal.

La instalación final de los paneles se hizo en tipo techumbre en la parte superior del establecimiento utilizando una estructura de acero como soporte basándonos en los cálculos de inclinación y del número de paneles requeridos, dándonos el siguiente resultado como se muestra en la Figura 9.


Figura 9. Instalación de paneles en la azotea.

La conexión de los paneles se realizó en serie conectando, desde la caja de conexión individual por panel, su ánodo y cátodo guiándolos hacia un costado en donde se juntaban todas las conexiones por cada línea de panel, convirtiéndolo en una sola línea para poder hacer la bajada de energía hacia el inversor (Figuras 10a, 10b).


Figura 10. a) Caja de conexión y b) Conexión en serie.

Para la bajada del cableado se instalaron tubos de 25.4 mm o 1” para hacer las vueltas del cableado se utilizaron cajas ovales ROSC con entrada y salida a 45° con rosca (Figuras 11a, 11b).


Figura 11. a) Bajada de cables y b) Caja oval ROCS.

Instalación del inversor con el cableado de los paneles proveniente de la parte superior, así como la línea por parte de la red eléctrica e interruptor termomagnético consolidando la interconexión de la energía solar y la convencional, dándonos como resultado el tablero listo para hacer la instalación eléctrica de la paletería-casa residencial (Figura 12).



Figura 12. Conexión de inversor e interruptor termomagnético.

Se colocó el medidor bidireccional el cual estará recibiendo el registro de energía proveniente de los paneles y de la corriente convencional (Figura 13).



Figura 13. Medidor bidireccional.

V. CONCLUSIÓN

El consumo generaba un costo de $19,972.00 pesos M. N. como fue mostrado en el recibo antes de aplicar el descuento por el uso delos paneles solares lo que nos indica cuanto era aproximadamente lo que se pagaba anteriormente, pero, este precio era variado dependiendo de muchos factores como las condiciones climáticas, ya que esto altera principalmente las cámaras refrigerantes de la peletería; actualmente con la instalación fotovoltaica el costo disminuyó a $8,998.00 pesos M. N. Por otro lado, el consumo de energía eléctrica disminuyó de un 60 a 62%. Con la instalación de los paneles solares se tiene una aportación de $10, 974.00 pesos M.N. dándonos un descuento directo en el recibo de energía eléctrica pagado bimestralmente.

Tomando en cuenta que la instalación tuvo un total de inversión de $450,000.00 pesos M.N. debido a los costos finales proporcionados por el proveedor, sabiendo que en promedio se estarán ahorrando de entre $10,974.00 pesos M.N. en base al primer recibo que se tuvo por parte del usuario, de igual forma tomando en cuenta que la vida útil de los paneles instalados va de 12 años a su 100% de eficiencia y otros 13 años de 90% a 80.2% esto en base a la eficiencia del material de 18.57% en captación, podemos deducir que en los 12 años de eficiencia al máximo se pagaran aproximadamente 72 recibos con un ahorro considerado de $10,974.00 pesos M.N. se habrá tenido un ahorro de $790,128.00 pesos M.N. lo que nos da ya ganancias en base a que el costo de inversión fue de $450,000.00 pesos M.N. recuperados en los primeros 41 meses con los paneles solares, quedándonos así en los primeros 12 años un ahorro libre del costo de inversión de $340,128.00 pesos M.N. En cuanto a los otros 13 años restantes a un promedio de eficiencia promedio de 85.1%, teniendo un ahorro estimado de $9,253.77 pesos M.N. por recibo y sabiendo que en los 13 años se pagará un total de 78 recibos, el ahorro estimado en estos 13 años será de $721794.06 pesos M.N. y un ahorro final a lo largo de la vida útil de los paneles de aproximadamente $1, 061,922.06 pesos M.N. Por lo que podemos concluir que el proyecto fue un éxito y que la energía producida por los paneles puede ser costosa en cuanto a la instalación pero como pudimos

observar en el resultado de esta investigación esta no es más que una inversión a largo plazo debido a su alto beneficio. Mostrando con esta investigación que la energía solar es por mucho una energía barata a largo plazo, además de contribuir a evitar emisiones de CO_2 a la atmósfera, ahorro en dinero y contribuyendo a la sociedad el acceso a una energía más barata.

VI. REFERENCIAS

Alves, R. M., y Ruttkay, F. O. (2021). Comparative cost-benefit analysis of the energy efficiency measures and photovoltaic generation in houses of social interest in Brazil. *Energy and buildings,* 243, (111013). doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111013.

Atlas Nacional de Zonas de con alto Potencial de Energías Limpias (AZEL). https://dgel.energia.gob.mx/azel/

Božiková, M., Bilˇcík, M., Madola, V., Szabóová, T., Kubík, L., Lendelová, J., y Cviklovi˘c, V. (2021). The effect of azimuth and tilt angle changes on the energy balance of photovoltaic system installed in the southern Slovakia region. *Appl. Sci. 11,* (8998). doi: 10.3390/app11198998

Dai, Y., Bai, Y. (2021). Performance improvement for building integrated photovoltaics in practice: A review. *Energies, 14,* (178). doi: 10.3390/en14010178.

Gil-Antonio, L., Saldivar, B., Portillo-Rodríguez, O., Ávila-Vilchis, J.C., Martínez-Rodríguez, P.R., Martínez-Méndez, R. (2019). Flatness-Based Control for the Maximum Power Point Tracking in a Photovoltaic System. *Energies*, *12*, (1843). doi: 10.3390/en12101843

Rosas, F. J., Zenón, O. E., y Morillón, G. D. (2019). Potential energy saving in urban and rural households of Mexico with solar photovoltaic system using geographical information system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 116,* (1094212). doi: 10.1016/j.rser.2019.109412.

Rodríguez, E., Vázquez, N., Arau, J., Osorio, R., Medina, F., y Hernández, C. (2021). Central energy storage system to reduce the harmful effects of PV systems under a high penetration scenario. *Electronics, 10,* (2418). doi: 10.3390/electronics10192418.

Sucupira, L., Castro, G. J. (2021). Review of energy harvesting for buildings based on solar energy and thermal materials. *CivilEng, 2,* 852-873. doi: 10.3390/civileng2040046.

Tejeda, M. A. y Gómez, A. G. (2015). Prontuario solar de México. Recuperado de http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Prontuario-solar-de-Mexico-(noviembre-de-2015)_6.pdf