UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y POSGRADO

12° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS

MEMORIA

NOVIEMBRE 2024

UAQ | CRECER EN LA DIVERSIDAD

Universidad Autónoma de Querétaro
Dra. Silvia Lorena Amaya Llano
Rectora

Dra. Oliva Solís Hernández
Secretaria Académica
Lic. Iván Omar Nieto Román
Secretario Particular de la Rectoría
Dr. Manuel Toledano Ayala
Secretario de Investigación, Innovación y Posgrado
Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes
Directora de Investigación
Mtra. Karina Villarauz Camargo
Coordinadora de Difusión y Enlace

LDCV. Efrén Quintero Cervantes
Laura Pilar Wendolyn Vázquez Jasso
Diseño

Mtra. Karina Villarauz Camargo
Laura Pilar Wendolyn Vázquez Jasso
Comité editorial

Dr. Manuel Toledano Ayala
Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes
Comité organizador

Publicación especial No.12 de la Dirección de Investigación, Universidad Autónoma de Querétaro Centro Universitario, Cerro de las Campanas s/n Código Postal 76010, Querétaro, Qro., México

Hecho en México

PRESENTACIÓN

La Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), tiene el compromiso de formar estudiantes con conocimientos y habilidades que les permitan consolidar su formación como futuros profesionistas, por lo cual, esta institución lleva a cabo diversas acciones que permitan cumplir con esta tarea. Una de estas es la organización de foros como el **"Encuentro de Jóvenes Investigadores e Investigadoras",** que en su doceava edición abre sus puertas a la participación de estudiantes a nivel nacional.

Este foro académico, se crea para coadyuvar en la formación para la investigación. Es así que, los proyectos que desarrollan estudiantes de licenciatura y posgrado durante estancias de verano, proyectos de investigación o tesis, son expuestos ante un comité científico especializado en el tema, así como al público en general, lo cual genera un espacio de difusión propicio para estimular vocaciones científicas, la innovación y la divulgación del conocimiento.

En esta edición, con el objetivo que las y los participantes puedan desarrollar diversas habilidades, la convocatoria impulsó tres modalidades: ponencias, tesis en tres minutos y fotografía científica.

El 12º Encuentro de Jóvenes Investigadores e Investigadoras contó con la asistencia y **participación de 68 estudiantes, pertenecientes a nueve diferentes instituciones**: **Instituto Tecnológico Nacional de México campus Querétaro, UNAM, Juriquilla, Arkansas State University, Centro de Estudios Superiores de Tepeaca, Puebla, Hospital Teletón de Oncología, Instituto de Ciencias Nucleares UNAM, Universidad Autónoma de Guerrero, Universidad de Guanajuato y Universidad Autónoma de Querétaro;** así como **54 investigadores e investigadoras que integraron el Comité Científico (29) y al Jurado (25) y quienes se encargaron de evaluar los trabajos de las tres modalidades.** En el caso de las ponencias, los ganadores de las diferentes áreas del conocimiento fueron aquellos que obtuvieron la calificación más alta tanto en el trabajo en extenso como en la presentación oral.

En esta memoria se presentan los trabajos en extenso, participantes en la modalidad de ponencia. Cabe señalar que los textos que se incluyen, respetan la redacción y estilo de las y los autores.

Con este tipo de acciones se reafirma el compromiso social que tiene nuestra institución para generar espacios que fortalezcan la formación de jóvenes investigadoras e investigadores, punto clave para el desarrollo científico y tecnológico que requiere nuestro país.

“EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR”

Dr. Manuel Toledano Ayala

Dra. Azucena de la Concepción Ochoa Cervantes

AGRADECIMIENTOS

COMITÉ CIENCTÍFICO

Dr. Aldo Amaro Reyes	Facultad de Química, UAQ.
Dr. Benito Cañada Rangel	Facultad de Artes, UAQ.
Dr. Carlos Martín Cortés Romero	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.
Dr. Edgar Israel Belmont Cortés	Facultad de Filosofía, UAQ.
Dr. Enrique Leonardo Kato Vidal	Facultad de Contaduría y Administración, UAQ.
Dr. Gerardo Manuel Nava Morales	Facultad de Química, UAQ.
Dr. Héctor Raymundo Vera Ávila	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.
Dr. José Alfredo Olguín Montes	Dirección de Posgrado, UAQ.
Dr. José Gabriel Ríos Moreno	Facultad de Ingeniería, UAQ.
Dr. José Marcos Zea Pérez	Ingeniería Mecatrónica, UPQ.
Dr. Juan Fernando García Trejo	Facultad de Ingeniería, UAQ.
Dr. Juan Manuel Vera Morales	Facultad de Ingeniería Campus Amealco, UAQ.
Dr. Leonardo Senén Cabello Álvarez	Facultad de Derecho, UAQ.
Dr. Mario Trejo Perea	Facultad de Ingeniería, UAQ.
Dr. Ricardo Francisco Mercado Curiel	Facultad de Medicina, UAQ.
Dr. Rodrigo Hernández Alvarado	Ingeniería en Tecnología Automotriz. UPQ.
Dr. Urso Marín Ávila Montero	Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.
Dra. Adela Becerra Chávez	Ciencias Básicas, UPQ.
Dra. Ana Angélica Feregrino Pérez	Facultad de Ingeniería, UAQ.
Dra. Azucena de la concepción Ochoa Cervantes	Facultad de Psicología y Educación, UAQ.
Dra. Bárbara Paola González García	Arkansas State University, Campus Querétaro, México.
Dra. Betsabee Fortanell Trejo	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UAQ.
Dra. Ester Bautista Botello	Facultad de Lenguas y Letras, UAQ.
Dra. Guadalupe Soledad López Álvarez	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Haydé Azeneth Vergara Castañeda	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Karina Hess Zimmermann	Facultad de Psicología y Educación, UAQ.
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña	Facultad de Química, UAQ.
Dra. Mardey Liceth Cuellar Núñez	Facultad de Medicina, UAQ.

Dra. María Leticia Ávila Ramírez	Facultad de Medicina, UAQ.
Dra. Pamela Soledad Jiménez Draguicevic	Facultad de Artes, UAQ.
Dra. Rosa Martha Pérez Serrano	Facultad de Medicina, UAQ.
M. en A. Elsa Cristina Navarrete Ochoa	Facultad de Artes, UAQ.
M. en C. Margarita Prieto Uscanga	Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro.
M. en C. Alicia Prieto Uscanga	Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro.

STAFF DE APOYO

Secretaría de Investigación y Posgrado

Dr. Manuel Toledano Ayala
Dra. Azucena de Concepción Ochoa Cervantes
Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma
Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Dr. José Alfredo Olguín Montes
M. en C. Karina Colín Yáñez
M. en GIC. Karina Villarauz Camargo
M. en GIC. Luz Esmeralda Hernández Juárez
L. en I. María Verónica Muñoz Velázquez
Lic. María Alejandra Gómez Rodríguez
Lic. Diana Angélica Benítez Pulido
Lic. Abiel Jiménez Delgado
C. Rocío Martínez Guardiola
C. Karla Yanet García Rodríguez
C. Laura Pilar Wendolyn Vázquez Jasso
C. Juana Torres Ortíz

*Da click en el tema de tu interes para llevarte a la pagina.

INDICE

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

Nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos en universitarios varones.	**Berenice Medina Paredes, Elisa Valeria Silverio Mendoza, Susana Dorantes Gómez, Gabriela Palomé Vega.**
Cuidados de Enfermería a Pacientes Ostomizados: Una Revisión Sistemática.	Elisa Valeria Silverio Mendoza, Balkis De Guadalupe López Hurtado.
Leishmaniasis y transfusión sanguínea: ¿Un problema de salud pública no controlado?	Villagrán-Herrera, Ma. Elena; Vega-González Martha Anais.
Relación de factores gineco-obstétricos con subtipos de cáncer de mama.	Peláez Cruz Yordi Alexis, Dra. Cisneros Villanueva Mireya.
Expresión del gen ABCA1 en pacientes con cardiopatía coronaria.	Badillo Ortiz, Almaquio, Perea Díaz, Valentina, Alcocer Gamba, Marco Antonio, Guerrero Meza, Fernando Manuel, Hernández Puga, Ana Gabriela.
TRH como modulador del metabolismo glucémico en pez cebra.	David Salvador Díaz Ortegón, Santiago M. Pech-Pool, Aurora María Olvera Vidal, Aurea Orozco Rivas, Carlota García Gutiérrez, Iván Lazcano Sánchez.
El consumo de garambullo modula la expresión de proteínas inflamatorias en un modelo de cáncer de colon.	Edelmira Sánchez-Recillas, Y Haydé Azeneth Vergara-Castañeda, Ana Alicia Sánchez -Tusié.
Cardiotoxicidad por antraciclinas en pacientes supervivientes de cáncer infantil.	Jorge Armando Hernández Campos, Senyase Karina Zamarripa Martínez, Marcela Guerrero Lara, Evelia Apolinar Jiménez.
Análisis químico y efecto vasodilatador de las partes aéreas de Heliopsis longipes.	Juan José Romero-Tovar, Gabriela Victoria Ruiz-Castillo, Alejandra Rojas-Molina, César Ibarra-Alvarado Y Pedro Alberto Vázquez-Landaverde.

*Da click en el tema de tu interes para llevarte a la pagina.

INDICE

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Nanocompositos electrohilados de zeína/AgNP para empaque activo.	**Vargas Almaraz, Jorge; Soto Martínez, Karen Magaly; Mendoza Díaz, Sandra Olimpia.**
Degradación de las aflatoxinas en maíz con CO2 y su actividad citotóxica.	Orlando Hernández Suárez, Anai Zavala Franco, Marcela Gaytán Martínez.
Agrobiodiversidad y gastronomía de Pinal de Amoles, Querétaro.	María Guadalupe Hernández Leal, Dra. Rosalinda González Santos, Luis Gerardo Hernández Sandoval, Jesús Luna Cozar, Felipe Manuel Ferrusca Rico, Hugo Castillo Gómez.
Distribución y diversidad del género Dahlia Cav. en Querétaro, México.	Gabriela Sánchez-Mendoza, Rosalinda González-Santos, Patricia Herrera-Paniagua, Luis Hernández-Sandoval.
Predicción de péptidos vacunales contra simbiontes de Rhipicephalus microplus.	Rufino Martínez, Irvin Aradt, Corona Guerrero, Ivan, Mosqueda Gualito, Juan Joel.
Estabilidad de cobre en un material de referencia de cobre.	Karen Andrea Razo Pérez, Paola Itzel Gutiérrez Cabello, Adrián Sosa Domínguez, Francisco Javier Martínez Ríos, María Del Rocío Arvizu Torres.
Nanopartículas como estrategia para el control de Fusarium oxysporum.	Adrian Salcedo Gómez, Karen Esquivel Escalante, Fidel Landeros Jaime, José Antonio Cervantes Chávez.
Expresión de genes fotosintéticos bajo estrés hídrico en tomate.	Ledesma-Valladolid Juan Pablo, Nava-Morales Gerardo Manuel, Mercado-Silva Edmundo Mercado.
Alimentos funcionales que favorecen el desarrollo digestivo de lechones.	Gerardo Ruiz Mendiola, Tércia Césaria Reis De Souza; Teresita De Jesús Hijuitl Valeriano; Samantha Bautista Marín; Gerardo Mariscal Landín.
Evaluación de bioestrategia para el manejo postcosecha del tomate.	Mendoza Jiménez Daniel, Reyes Pool Héctor Paul, Abraham Juárez María Del Rosario, Esquivel Naranjo Ulises, Landeros Jaime Fidel Y Cervantes Chávez José Antonio.
Una Salud: Análisis de resistencia a antibióticos.	Amanda De La Caridad Lahera Champagne, David Gustavo García-Gutiérrez, Alma Delia Bertadillo-Jilote, Karla Isabel Lira De León, G. M. Nava-Morales.
Estabilidad de Arginina bajo condiciones de la Tierra primitiva.	Josué Fabián Díaz Aguilar, Alicia Negrón Mendoza.

*Da click en el tema de tu interes para llevarte a la pagina.

INDICE

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INTERDISCIPLINARIA

Explorando nuevas fronteras en ciencia y tecnología de semiconductores.	**Kassandra Carrillo Amezcua, Paulina Campos Bautista, Diego Alonso Zamora Camacho, Edgar Texcucano Vergara, Elim Antonio Aguilar Padierna, Jenifer Alejandra Ramírez Martínez, Mónica Balvanera Ortuño López, Víctor Levi González Ajuech, Yolanda Jiménez Flores, Sara Castilla Rosell.**
Síntesis de materiales semiconductores para la reducción de metales pesados.	Britany Llebana Domínguez Arroyo, Yolanda Jiménez Flores.
N,S-CQD soportados en nanopartículas de oro como material fotoresponsivo.	Luis Emiliano Ramírez Montoya, Carlos Guzmán Martínez, Jaime Moroni Mora Muñoz Y Minerva Guerra Balcázar.
CalleSegura: Herramienta de recopilación y análisis de incidencias delictivas.	Marco Antonio Olvera-Torres; Marco E. Bautista-Olvera; Diego Pérez-Vega; Jorge Luis Pérez-Ramos.
Sensores RTD de PbS: una innovación en la medición térmica.	Jenifer Alejandra Ramírez Martínez, Diego Alonso Zamora Camacho, Edgar Texcucano Vergara, Paulina Campos Bautista, Elim Antonio Aguilar Padierna.
Desarrollo de un nanobiosensor amperométrico de ácido úrico.	Velázquez Sánchez, Johanna Fátima, Ortega Romo, Arely, Ledesma García, Janet, Arriaga Hurtado, Luis Gerardo, Escalona Villalpando, Ricardo Antonio.
Modelo de fondo morfológico para el análisis de flujos viales en zonas urbanas.	Erik-Josué Moreno-Mejía, Daniel Canto´N-Enriquez, Jorge-Luis Pérez-Ramos, Ana-Marcela Herrera-Navarro, Hugo Jiménez-Hernández.
Modulación de la Dimensionalidad en SBA-15 Mediante Parámetros de Síntesis.	Ed Fabián Sánchez Ramírez, María De Los Ángeles Cuán Hernández, Rufino Nava Mendoza, Luz M. López Marín, Rodrigo Díaz Díaz.

*Da click en el tema de tu interes para llevarte a la pagina.

INDICE

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

La identidad in-vestida.	**Basurto Bravo Ana Sofia, Rovelo Escoto Nubia Carolina.**
Productores agrícolas de rosas en Qro, México: Contexto de asociatividad.	Julián Alfaro Reynoso, José F. Vasco-Leal.
Aproximación a las anécdotas neomexas: fenómeno pandémico digital.	María Gisela Zavala Luna, Claudia L. Gutiérrez Piña.
Mujeres emprendedoras, vida privada y participación laboral.	María Fernanda Torres García, Beatriz Rosas Rodríguez, Enrique Leonardo Kato Vidal.
Elecciones 2024: Voto de las personas en prisión preventiva.	Esmeralda González Pérez, Dafne Ximena Hernández Ruiz, Leonardo Senén Cabello Álvarez.
Violencia en México: Análisis con un Índice Estatal.	Amanda López Hernández, Fernanda Daniela Garcia Zenil, Nadyra Rodríguez Arias.
Impacto de la formación internacional en ingenieros de software.	Alejandra María Cruz Flores, Mauricio Arturo Ibarra Corona, Diego Octavio Ibarra Corona, Martín Muñoz Mandujano, José Alejandro Vargas Díaz, Jair Abisai Ramírez Pérez.
Perspectivas del consumo eléctrico y desafíos en la economía queretana.	Aliena Soledad Martínes Domínguez, Enrique Leonardo Kato Vidal, Alejandra Elizabeth Urbiola Solís.
Narrativas de violencia de género: feminicidios en la prensa en Querétaro.	Mariana Cruz Reséndiz, Erick Cruz Mendoza.
La voz de la Discapacidad. Programa Audiovisual Inclusivo.	Daniel Hernández Aguilar, Rosario Barba González.
Análisis del derecho a la libre interrupción del embarazo en el estado de Querétaro.	Delgado Gutiérrez Juana Azucena, Karla Elia Mosqueira Valencia, Aguillón Robles Karla Paola, García Pérez María, Santos Cruz Marily, Zempoalteca González Guillermo.
Préstamos léxicos de estudiantes universitarios de la UAQ.	Mariana Patricia Cornejo Vázquez y Brenda Vargas Vega.
La protección constitucional de la familia en México.	Karla Elia Mosqueira, Anayicel Valenzuela Barboza, Miguel Ángel Hernández Gómez.
La enseñanza de recursos lingüísticos del español en aulas multigrado.	Oscar Osvaldo Servín Calvillo, Blanca Araceli Rodríguez Hernández.

Prevención del delito mediante la actividad física y el deporte.	Paola Navarrete Flores, Leonardo Senén Cabello Álvarez.
Diseño de estrategia de contenidos en Facebook para la clínica universitaria ENSAIN.	Emily Martínez Ponce, Rosa Alejandra Morales Velasco.
Actividad eléctrica cerebral en el procesamiento de locuciones verbales.	Jessica Fernanda Ayala Mosqueda, Gloria Nélida Avecilla Ramírez, Karina Hess Zimmermann.
Competencias digitales en universitarios de tres perfiles sociodemográficos distintos.	María Antonieta Mendoza-Flores, Miriam Herrera-Aguilar.
Impacto de la inclusión financiera en el empleo en Latinoamérica.	Gema Jazmín Rubio Ugalde, Graciela Lara Gómez.
Sistemas de apoyo educativo para estudiantes con discapacidad auditiva.	Héctor Dorantes Delgado, Anahí Isabel Arellano Vega, María Leticia Villaseñor Zúñiga.
Exclusividad laboral: precarización de las mujeres periodistas de Querétaro.	Luis Enrique Santamaría Luna, Oliva Solís Hernández.
Contaminación por residuos sólidos urbanos y derechos humanos en Chilpancingo de los Bravo, Guerrero.	Cinthia Ramírez Izazaga, Karla Elia Mosqueira Valencia, Miguel Ángel Hernández Gómez.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y POSGRADO

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

MEMORIA
NOVIEMBRE 2024

12° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS

UAQ | CRECER EN LA DIVERSIDAD

INDICE

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

Nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos en universitarios varones.	**Berenice Medina Paredes, Elisa Valeria Silverio Mendoza, Susana Dorantes Gómez, Gabriela Palomé Vega.**
Cuidados de Enfermería a Pacientes Ostomizados: Una Revisión Sistemática.	Elisa Valeria Silverio Mendoza, Balkis De Guadalupe López Hurtado.
Leishmaniasis y transfusión sanguínea: ¿Un problema de salud pública no controlado?	Villagrán-Herrera, Ma. Elena; Vega-González Martha Anais.
Relación de factores gineco-obstétricos con subtipos de cáncer de mama.	Peláez Cruz Yordi Alexis, Dra. Cisneros Villanueva Mireya.
Expresión del gen ABCA1 en pacientes con cardiopatía coronaria.	Badillo Ortiz, Almaquio, Perea Díaz, Valentina, Alcocer Gamba, Marco Antonio, Guerrero Meza, Fernando Manuel, Hernández Puga, Ana Gabriela.
TRH como modulador del metabolismo glucémico en pez cebra.	David Salvador Díaz Ortegón, Santiago M. Pech-Pool, Aurora María Olvera Vidal, Aurea Orozco Rivas, Carlota García Gutiérrez, Iván Lazcano Sánchez.
El consumo de garambullo modula la expresión de proteínas inflamatorias en un modelo de cáncer de colon.	Edelmira Sánchez-Recillas, Y Haydé Azeneth Vergara-Castañeda, Ana Alicia Sánchez -Tusié.
Cardiotoxicidad por antraciclinas en pacientes supervivientes de cáncer infantil.	Jorge Armando Hernández Campos, Senyase Karina Zamarripa Martínez, Marcela Guerrero Lara, Evelia Apolinar Jiménez.
Análisis químico y efecto vasodilatador de las partes aéreas de Heliopsis longipes.	Juan José Romero-Tovar, Gabriela Victoria Ruiz-Castillo, Alejandra Rojas-Molina, César Ibarra-Alvarado Y Pedro Alberto Vázquez-Landaverde.

Nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos en universitarios varones

- Autora 1: Berenice Medina Paredes

Correo: bmedina19@alumnos.uaq.mx

Teléfono: 4423423216

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro

- Autora 2: Elisa Valeria Silverio Mendoza

Correo: valeriasilverio17@gmail.com

Teléfono: 4426641880

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro

- Directora: M.E. Susana Dorantes Gómez

Teléfono: 4423314708

Correo: susanita.dg@gmail.com

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro

- Co-directora: Dra. Gabriela Palomé Vega

Teléfono: 4423430107

Correo: gpalome@uaq.edu.mx

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

Introducción: La evidencia científica ha mostrado que el estudiante universitario no siempre posee el conocimiento suficiente con respecto a lo que implica llevar una vida sexualmente responsable. Se supone entonces, que los estudiantes universitarios del área de la salud deben contar con un manejo adecuado de conocimiento sobre métodos anticonceptivos. *Objetivo:* Evaluar el nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos en estudiantes varones de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) mediante el uso de un instrumento y se planteó la siguiente la hipótesis: los estudiantes varones de las facultades de enfermería y medicina de la UAQ tienen un nivel bajo de conocimiento sobre métodos anticonceptivos. *Método:* Estudio cuantitativo, de nivel descriptivo y de corte transversal. La muestra se determinó mediante la fórmula para poblaciones finitas y con los siguientes criterios de inclusión: estudiantes varones de quinto al octavo semestre de enfermería y de noveno a décimo semestre de medicina. Se aplicó el cuestionario diseñado por Cervantes-Jácome y colaboradores en el 2021. Los datos se analizaron con el software SPSS versión 29.0 y con respecto a los aspectos éticos, se hizo uso del consentimiento informado. *Resultados:* La población muestra fue de 46 estudiantes. De los cuales, el 61% de los participantes cuentan con un conocimiento bajo pese a haber cursado la materia de ginecología en la licenciatura. *Conclusión:* Se sugiere mejorar la capacitación y educación enfocada en planificación familiar a los estudiantes de medicina y enfermería.

Palabras clave: Métodos anticonceptivos, varones, universitarios, Medicina, Enfermería.

Resumen

Introduction: Scientific evidence has shown that university students don't always have sufficient knowledge regarding what it means to lead a sexually responsible life. It is assumed, then, that university students in the health area should have an adequate knowledge of contraceptive methods. *Objective:* Evaluate the level of knowledge about contraceptive methods in male students of the Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) through the use of an instrument and the following hypothesis was raised: male students of the nursing and medicine faculties of the UAQ have a low level of knowledge about contraceptive methods. *Method:* Quantitative study, descriptive and cross-sectional. The sample was determined by the formula for finite populations and with the following inclusion criteria: male students from the fifth to the eighth semester of nursing and from the ninth to the tenth semester of medicine. The

questionnaire designed by Cervantes-Jácome et al. in 2021 was applied. The data were analyzed with SPSS software version 29.0 and with respect to ethical aspects, informed consent was used. *Results:* The sample population was 46 students. Of these, 61% of the participants have low knowledge despite having taken the subject of gynecology in their undergraduate degree. *Conclusion:* It is suggested to improve training and education focused on family planning for medical and nursing students.

Keywords: Contraceptive methods, men, university students, Medicine, Nursing.

Introducción

Según La Organización Mundial de la Salud (OMS), (2023) "Los principales Métodos Anticonceptivos (MA) son: píldoras anticonceptivas orales, implantes, inyectables, parches, anillos vaginales, dispositivos intrauterinos, preservativos, esterilización masculina y femenina, método de la amenorrea de la lactancia, coito interrumpido y métodos basados en el conocimiento de la fertilidad". Sin embargo, en la investigación realizada por León-Larios & Gómez-Baya, (2018), "Diseño y validación de un cuestionario sobre conocimientos de sexualidad responsable en jóvenes", se menciona que un 8.1% de la muestra utiliza el coito interrumpido como método de protección, siendo este una "actitud de riesgo" al no mostrar efectividad en la protección contra el contagio de enfermedades de transmisión sexual y embarazos no deseados.

Otra de las actitudes de riesgo que pueden presentarse en los jóvenes es la deficiente consulta de información sobre planificación familiar en medios seguros y es que en mismo artículo de León-Larios & Gómez-Baya (2018) revelaron que el 60.1% de los participantes al presentar alguna duda sobre sexualidad, recurrían a amigos o familiares, mientras que el 24.7% consultaba en libros o internet, y solo el 12.3% acudió a un profesional de la salud.

Por lo que se puede asumir que existe deficiencia en el conocimiento de MA, García et al., (2021) muestran en su estudio "Nivel de Conocimiento de Métodos Anticonceptivos en Estudiantes Universitarios" que como el título indica determinaron este nivel de conocimiento, y es que, aunque se asume que los alumnos ya presentan conocimientos adecuados sobre MA, expusieron que el 71.2% de los participantes tienen un bajo nivel y el 29.5% no utiliza algún método anticonceptivo.

Así mismo, Gollub et al., (2020) muestran en su artículo "Conocimientos, actitudes y prácticas de salud sexual y reproductiva de hombres jóvenes que asisten a la universidad", que el 50% del total de los participantes universitarios, desconocen si los métodos anticonceptivos hormonales protegen contra Infecciones de Transmisión Sexual (ITS). Mientras tanto, el 17% de los encuestados refieren no saber si el condón masculino previene contra ITS, además de tener un nivel bajo de conocimiento sobre los métodos anticonceptivos femeninos.

Lo mismo ocurre en el estudio "Conocimientos, actitudes y prácticas en el uso de métodos anticonceptivos en ingresantes a una universidad de Trujillo" llevado a cabo por Gutiérrez de Alarcón et al., (2019) en universitarios, donde solamente el 13.2% tiene un buen nivel de conocimientos sobre los MA, y el 58.1% un nivel regular. La mayor frecuencia de respuestas incorrectas fue hacia la definición de métodos anticonceptivos, con un 97.1% y en tema de métodos hormonales.

No obstante, la Universidad Autónoma de México (UNAM), considera que es importante continuar la enseñanza reproductiva en la etapa universitaria, ya que aún se pueden implementar medidas para contener el incremento de enfermedades de transmisión sexual (UNAM global, 2022).

Finalmente, se plantea la idea de que los estudiantes del área de la salud cuentan con un mayor nivel de conocimiento sobre MA al haber cursado materias como ginecología y promoción de la salud, no obstante, al realizar la revisión de la literatura, se llegó a la hipótesis de que los universitarios tendrían un nivel bajo de conocimiento sobre los métodos de protección. Acompañado del objetivo principal de investigación, evaluar el nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos, mediante un instrumento, a estudiantes varones de las facultades de enfermería y medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Mientras que en los objetivos específicos se encuentran categorizar las variables socio demográficas de los sujetos de estudio, describir las características del conocimiento sobre métodos anticonceptivos que tienen los estudiantes y determinar el área del conocimiento con el menor puntaje. Para, posteriormente, obtener evidencia científica y sustentar la necesidad de mejorar la información de planificación familiar dirigida a los alumnos de medicina y enfermería.

Metodología

La presente investigación es clasificada como cuantitativa descriptiva y transversal. El estudio tiene un diseño observacional, ya que únicamente se contempló las variables, sin intervenir directamente. Se representaron los datos obtenidos por medio de números analizados estadísticamente y se aceptó la hipótesis planteada (Hernández et al., 2014).

La población se conformó por 60 estudiantes de enfermería varones y 140 estudiantes de medicina varones, la información se consultó en la base de datos "Data México" en su último informe 2022. El cálculo del tamaño de muestra se realizó mediante la ecuación de poblaciones finitas, concluyendo que la muestra considerada para el estudio fue de 51 universitarios varones. Se utilizó como nivel de confianza un 90%, que se encuentra entre los valores más habituales, es decir, del 90%, 95% o 99%. Al tener una población que es finita y variada con respecto a la cantidad de alumnos varones en cada generación, bajó el nivel de confianza (Quintela, 2019).

Por el objetivo de la investigación, se utilizó un muestreo no probabilístico causal porque se seleccionaron a los individuos para ser evaluados (Otzen & Manterola, 2017). Entre los criterios de inclusión estuvieron: ser hombre biológicamente, estar inscrito de quinto a octavo semestre de enfermería y ya haber cursado la materia de ginecología. Estar inscrito en noveno o décimo semestre de medicina y haber cursado la materia de ginecología. Además de tener más del 80% del instrumento contestado.

Entre los criterios de exclusión estuvieron: ser mujer biológicamente, no estar dado de alta en el semestre, pertenecer a semestres por debajo de quinto en enfermería, no cursar la materia de forma regular, pertenecer a semestres por debajo de noveno en medicina y haber tomado únicamente un curso de ginecología enfocado en métodos anticonceptivos. Para los criterios de eliminación: haber cursado quinto semestre, en enfermería, pero no la materia de ginecología, haber cursado noveno semestre, en medicina, pero no la materia de ginecología, tener menos del 80% del instrumento contestado y aquel estudiante que decida retirarse de la investigación.

Se solicitó a los individuos de la muestra que respondieran el cuestionario "Prueba de conocimientos de métodos anticonceptivos" que fue realizado previamente por Cervantes-Jácome, K., Robles-Montijo, S., Arriaga-Ramírez, J. & Sánchez-Sosa, J. (2021), con un total de 35 ítems con respuesta de tipo dicotómica (1 correcta, 3 incorrectas), que abarca preguntas sobre métodos anticonceptivos; uso correcto, ventajas y desventajas, efectos adversos y funcionamiento.

El instrumento cuenta con un nivel de coeficiente de concordancia W de Kendall de 0.68; p= .003 (Cervantes-Jácome et al., 2021). Fue sometido a validación por juicio de expertos donde cada uno respondió al cuestionario y proporcionó sus valoraciones de forma individualizada, para la elección de los expertos se consideró el uso del biograma y el coeficiente de competencia experta; el método utilizado fue la Agregación individual.

Para la presente investigación, las autoras modificaron el instrumento, a fin de lograr una adaptación a nivel universitario. La nueva prueba se sometió a la valoración Delphi, ante 4 expertos en áreas de: metodología, epidemiología, ginecología y educación en salud sexual. A su vez se presentó en una población piloto para establecer la confiabilidad de la prueba. Resultando que al realizar el análisis estadístico en el programa SPSS versión 29, se arrojó que para aumentar el nivel de confiabilidad debía eliminarse una pregunta "Si recomiendas métodos de planificación familiar, ¿Qué tipo de plática correspondería?", aumentando el Alfa de Cronbach a

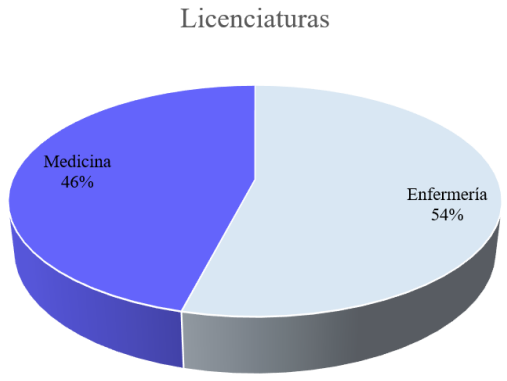
0.780, es decir, que cuando el instrumento se encuentra entre los parámetros de 0,75 y 0,90 se concluye que su consistencia interna es aceptable (Durán-Pérez & Lara-Abad, 2021).

En tanto a los aspectos éticos, la investigación está basada en normativas cómo el reglamento de la Ley General de Salud (2014) en materia de investigación, como menciona en su segundo título, capítulo 14, Sección V, se contó con un consentimiento informado firmado por todos los participantes del estudio al igual de que la investigación fue aprobada por el Subcomité de investigación de la Facultad de enfermería de la UAQ, con número de registro ***595/FE -SI-05-03-24 (LE)*** y un dictamen aprobatorio ***COMBIOENF-010-2024-LE*** por parte del H. Comité de Bioética de la misma institución.

Resultados

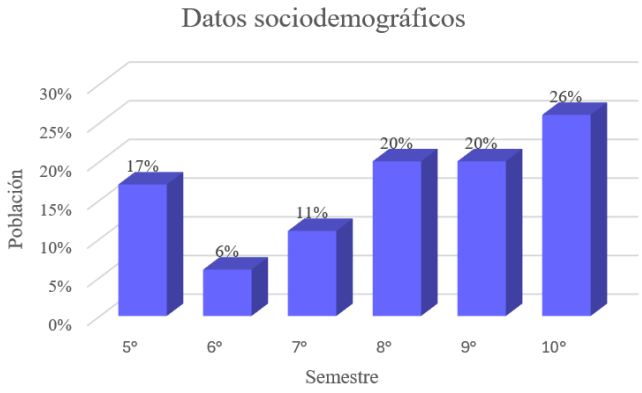
Se aplicaron un total de 54 instrumentos a los estudiantes varones en las Facultades de Enfermería y Medicina de la UAQ, sin embargo, se descartaron un total de 8 instrumentos al no cumplir con los criterios de inclusión. Se encontró que, de la población seleccionada, el 54% pertenecieron a enfermería, mientras que el 46% a medicina *(gráfico 1)*. De la Licenciatura de Enfermería, un 17% son de quinto semestre, un 6 % de sexto semestre, un 11% de séptimo semestre y un 20% de octavo semestre. De la Licenciatura de Medicina, un 20% son de noveno semestre y un 26% son de décimo semestre. Como se presenta en el *gráfico 2*.

Gráfico 1: Muestra poblacional



Elaboración propia

Gráfico 2: Estudiantes por semestres



Elaboración propia

En las preguntas relacionadas con los anticonceptivos orales combinados, se observa que al señalar los efectos colaterales, solo el 33% contestó “cloasma”, siendo la respuesta correcta; el 46% de los participantes marcó adecuadamente la opción de trombosis venosa como uno de los riesgos que aumentan dichos anticonceptivos; el 37% respondió con la respuesta acertada a la pregunta de cuál sería la recomendación adecuada en caso de que se olvide ingerir 2 tabletas o grageas consecutivas y finalmente un 30% acertó sobre las contraindicaciones del mismo método anticonceptivo oral.

Tabla 1: Anticonceptivos orales combinados

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO Anticonceptivos orales combinados	**Correcto**		**Incorrecto**	
	FR	%	FR	%
¿Cuál de los siguientes casos NO es una contraindicación para el uso de anticonceptivos orales combinados?	14	30%	32	70%
En caso de olvidar ingerir dos tabletas o grageas consecutivas de	17	37%	29	63%

anticonceptivos orales combinados, ¿qué se recomienda hacer?				
Entre los efectos colaterales de los anticonceptivos orales combinados, ¿cuál de estos SÍ clasifica como uno?	15	33%	31	67%
En cuanto a los anticonceptivos orales combinados, se puede decir que aumentan el riesgo de:	21	46%	25	54%
Los anticonceptivos hormonales combinados funcionan de esta forma.	17	37%	29	63%

Elaboración propia

Al tratarse de las pastillas anticonceptivas en general, un 70% contestó correctamente sobre la forma correcta para la ingesta del método anticonceptivo; el 61% estaba en lo preciso al seleccionar el nivel de eficacia de las pastillas. Al preguntar sobre el contenido de las pastillas anticonceptivas de emergencia, el 91% respondió de manera adecuada.

Tabla 2: Pastillas anticonceptivas

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO Pastillas anticonceptivas	**Correcto**		**Incorrecto**	
	FR	%	FR	%
¿Cuándo deben tomarse las pastillas anticonceptivas?				
¿De qué están hechas las pastillas anticonceptivas de emergencia?	42	91%	4	9%
¿Qué tan eficaces son las pastillas anticonceptivas?	28	61%	18	39%

Elaboración propia

En cuanto a las preguntas que se realizaron sobre los métodos anticonceptivos hormonales, un 72% acertó con la cuestión "¿cuáles son las hormonas que se utilizan en los métodos anticonceptivos hormonales?"; con un porcentaje de 85%, se contestó perfectamente sobre las desventajas de métodos anticonceptivos hormonales; un 78% seleccionó la respuesta precisa al cuestionamiento de cada cuánto tiempo deben aplicarse las hormonas inyectables; un 57% eligió la respuesta precisa sobre la manera en que funcionan la mayoría de los métodos anticonceptivos hormonales; el 43% señaló adecuadamente la respuesta a la ventaja que tienen algunos de estos métodos anticonceptivos; un 30% dio la respuesta adecuada sobre los efectos colaterales de sintomatología por anticonceptivos hormonales combinados inyectables y cuando se llegó a la pregunta sobre anticonceptivos hormonales orales que sólo contiene progestina, el 46% contestó acertadamente.

Tabla 3: Anticonceptivos hormonales

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO Anticonceptivos hormonales	**Correcto**		**Incorrecto**	
	FR	%	FR	%
¿De qué manera funcionan la mayoría de los métodos anticonceptivos hormonales?	26	57%	20	43%

En caso de presentarse efectos colaterales de sintomatología leve con el uso de anticonceptivos hormonales combinados inyectables, ¿qué se debe realizar?	14	30%	32	70%
¿Cuáles son las hormonas que se utilizan en los métodos anticonceptivos hormonales?	33	72%	13	28%
¿Cuál es una de las desventajas de algunos métodos anticonceptivos hormonales?	39	85%	7	15%
Una ventaja de algunos métodos anticonceptivos hormonales es…	20	43%	26	57%
¿Cada cuánto tiempo se aplican los hormonales inyectables?	36	78%	10	22%
¿En cuál de los siguientes escenarios se sugiere el uso de anticonceptivos hormonales que sólo contienen progestina?	21	46%	25	54%

Elaboración propia

Sobre el implante subdérmico, el 70% seleccionó la opción correcta sobre el que es; un 83% acertó sobre la duración que tiene, y un 41% sobre el tipo de hormona que libera. En el caso del dispositivo intrauterino (DIU), un 37% eligió adecuadamente la respuesta en la pregunta sobre su mecanismo; un 52%, sobre la efectividad anticonceptiva, y un 22%, sobre el tiempo de funcionalidad.

Tabla 4: Implante subdérmico y DIU

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO Implante subdérmico y DIU	**Correcto**		**Incorrecto**	
	FR	%	FR	%
¿Qué tipo de hormona libera el método hormonal subdérmico?	19	41%	27	59%
¿Cuál es la duración del implante subdérmico?	34	83%	8	17%
¿Qué es el implante subdérmico?	32	70%	14	30%
El mecanismo de acción del DIU es alterar el moco cervical, ¿y también?	17	37%	29	63%
¿Cuál es la efectividad anticonceptiva del DIU?	24	52%	22	48%
¿Por cuánto tiempo funciona el DIU?	10	22%	36	78%

Elaboración propia

Al solicitar elegir un ejemplo de método anticonceptivo hormonal, el 76% seleccionó “parche anticonceptivo”; y sobre este mismo, un 52% contestaron correctamente sobre cuándo debe ser el recambio del parche, y el 46% señaló la opción

correcta sobre las dos sustancias activas principales del parche. En las preguntas relacionadas con los espermicidas, el 35% acertó sobre el posible efecto del uso del espermicida, y un 70% sobre lo que son.

Tabla 5: Parche anticonceptivo y espermicidas

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO Parche anticonceptivo y espermicidas	Correcto		Incorrecto	
	FR	%	FR	%
¿Qué son los espermicidas?	32	70%	14	30%
El parche anticonceptivo tiene dos sustancias activas principales, una de ellas es el etinilestradiol (EE), ¿cuál es la otra?	21	46%	25	54%
En caso de algún retraso en el recambio del parche por 48 horas o menos, ¿qué se recomienda?	24	52%	22	48%
¿Cuál es un posible efecto del uso del espermicida?	16	35%	30	65%
¿Cuál es un ejemplo de método anticonceptivo hormonal?	35	76%	11	24%

Elaboración propia

Para el caso de los métodos anticonceptivos de barrera, un 83% dio la respuesta precisa sobre el uso de condón libre de látex en personas alérgicas al mismo; un 85% de los participantes seleccionaron acertadamente el caso en que está contraindicado el condón femenino, y solo un 35% estuvo en lo correcto al seleccionar las horas previas de la colocación del condón femenino en la relación sexual. Al preguntar sobre lo que es un diafragma anticonceptivo, el 65% seleccionó la respuesta acertada.

Tabla 6: Anticonceptivos de barrera

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO Anticonceptivos de barrera	Correcto		Incorrecto	
	FR	%	FR	%
¿Cuántas horas antes de una relación sexual puede colocarse un condón femenino?	16	35%	30	65%
¿Qué es un diafragma anticonceptivo?	30	65%	16	35%
Para las personas alérgicas al látex, se recomienda el uso del condón que…	38	83%	8	17%
¿En qué caso de los siguientes, el uso del condón femenino está contraindicado?	39	85%	7	15%

Elaboración propia

En el tema de la vasectomía, un 30% eligió la respuesta adecuada al preguntar sobre el periodo ideal para realizar el conteo de espermatozoides, y un 39% acertó al tiempo aproximado en que se debe continuar con algún método anticonceptivo posterior a la intervención. En los métodos anticonceptivos naturales, el 83% respondió apropiadamente que no protegen contra infecciones de transmisión sexual.

Tabla 7: Vasectomía y anticonceptivos naturales

DIMENSIÓN	Correcto	Incorrecto

CONOCIMIENTO Vasectomía y anticonceptivos naturales	FR	%	FR	%
¿Cuál es una desventaja de los métodos anticonceptivos naturales?	38	83%	8	17%
¿Cuánto tiempo se debe continuar con algún método anticonceptivo, posterior a la vasectomía?	18	39%	28	61%
Posterior a la realización de una vasectomía, se recomienda un conteo de espermatozoides, ¿cuál es el período ideal para realizarlo?	14	30%	32	70%

Elaboración propia

Finalmente, se cuestionó sobre la clasificación de métodos anticonceptivos que establece la Norma Oficial Mexicana "NOM 005-SSA2-1993, de los Servicios de Planificación Familiar", siendo un 72% de los participantes que respondió acertadamente a tal división.

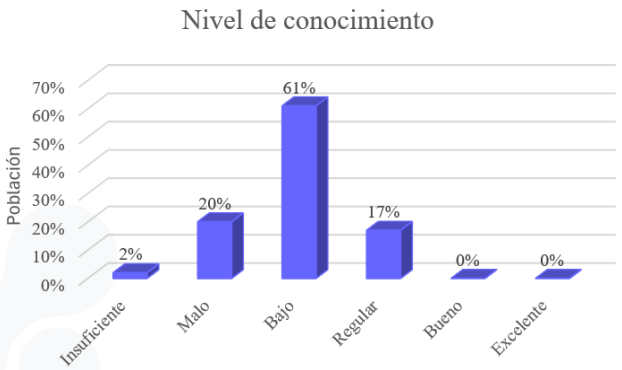
Tabla 8: NOM-055-SSA2-1993

DIMENSIÓN CONOCIMIENTO NOM-055	Correcto		Incorrecto	
	FR	%	FR	%
¿Cuál es la clasificación según la NOM-055-SSA2-1993, de métodos anticonceptivos?				

Elaboración propia

El nivel de conocimiento que obtuvieron los participantes y, de acuerdo a los parámetros establecidos por las investigadoras, fue que el 61% de la muestra poblacional se encuentra dentro del parámetro establecido como "Bajo", seguido el 20% en "Malo", posteriormente el 17% se encuentra en "Regular" y por último, un 2% en "Insuficiente" *(gráfico 3)*.

Gráfico 3: Conocimiento



Elaboración propia

Discusión

Existieron dificultades para la recolección de los datos, ya que inicialmente se había enviado el instrumento de evaluación a los estudiantes en formato Google Forms, no obstante, la respuesta no fue la esperada, ya que solamente el 34% de la muestra había contestado. Por lo que se recurrió a aplicar el instrumento en formato físico, excluyendo aquellos estudiantes que ya lo habían contestado de manera digital.

El nivel de conocimiento que tienen los estudiantes se clasifica de "Malo" según la escala que las autoras determinaron, lo que se asemeja al estudio elaborado por Pérez-Alegría et al., (2020) "Nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos y su uso en estudiantes de licenciatura", donde el resultado fue similar, al establecer que un 88.5% de su población total tenía conocimiento deficiente. También concuerda a lo presentado en el artículo realizado por García et al., (2021) "Nivel de Conocimiento de

Métodos Anticonceptivos en Estudiantes Universitarios" ya que la mayor cantidad de participantes 71.2%, contaron con un bajo nivel de conocimiento.

En cuanto a discrepancias, en la investigación de León et al., (2022) "Influencia del Conocimiento como factor de riesgo sobre los métodos anticonceptivos en los estudiantes de enfermería", se finalizó con que el 32% de su población tuvo un conocimiento alto sobre las píldoras de emergencia, mientras que, en esta investigación, un 91% de los estudiantes universitarios contestaron correctamente sobre las pastillas de emergencia.

En el artículo de Arreguín et al., (2022) "Nivel de conocimientos sobre métodos anticonceptivos en estudiantes universitarios de enfermería", se arrojaron resultados sobre el desconocimiento de los espermicidas, pues un total de 54.4% de la población no respondió correctamente sobre qué eran y si podrían usarse en mujer como en hombre, en concordancia con esta investigación donde solo el 35% de los estudiantes conoció cuál era un posible efecto del uso del espermicida. Sin embargo, un 70% de la muestra contestó correctamente sobre qué eran.

El autor Gutiérrez de Alarcón et al., (2019), obtuvo una frecuencia de respuestas incorrectas del 91.9% en determinar cuándo se debe iniciar a tomar la píldora anticonceptiva, comparando con los resultados que se obtuvieron en esta investigación, hay una diferencia considerable, ya que el 70% de los participantes contestó de manera correcta sobre cuándo deben tomarse las pastillas. En la investigación del autor García et al., (2021), señala que un 66.7% desconocen los efectos colaterales que tiene la píldora anticonceptiva combinada, mientras que, en esta investigación, se encuentran en un 67%.

Para los métodos de barrera, en la investigación de Quebradas-Jiménez & Rodríguez-Torres, (2021) "Análisis en el uso del condón femenino en estudiantes de una universidad privada de Cali-Colombia", dispusieron con que el 100% de los hombres encuestados de su muestra contestó correctamente acerca de si era posible colocarse el condón femenino antes de la relación sexual, mientras que en los resultados de estas investigadoras, solo el 35% de las respuestas fueron correctas sobre cuánto tiempo podía colocarse antes de la relación sexual.

En la investigación desarrollada por Pérez-Blanco & Sánchez-Valdivieso, (2020) la cual fue realizada en adolescentes, con un rango de edad entre 15 a 19 años, concluyeron que dentro de los métodos menos conocidos por los adolescentes fueron la vasectomía con un 39.9%; implante subdérmico, 29.1%; hormonales inyectables, 30.4% y la oclusión tubárica bilateral con 24.1%. De manera similar, en este estudio, los universitarios mostraron deficiencia ante las cuestiones de la vasectomía y hormonales inyectables. No obstante, mostraron un conocimiento variable ante las preguntas del implante subdérmico.

Conclusión

Se cumplieron los objetivos de la investigación al presentar que los estudiantes varones de medicina y enfermería tienen un nivel bajo de conocimiento sobre MA. Por lo que la hipótesis es aceptada. Igualmente, se sustenta con los resultados obtenidos que es necesario profundizar en los temas de planificación familiar, por lo que las autoras sugieren el extender el período de enseñanza sobre métodos anticonceptivos y reafirmar el aprendizaje con ferias de conocimiento. O en su caso, implementar una asignatura que abarque únicamente información del uso de métodos anticonceptivos. La investigación se vuelve un referente para marcar una pauta actual sobre la necesidad fundamental de que los alumnos de estas licenciaturas dominen dichos temas por ser los próximos promotores de una sexualidad segura.

Referencias bibliográficas

Arreguin, M., Guzmán, E. & Álvarez, A. (2022). Nivel de conocimientos sobre métodos anticonceptivos en estudiantes universitarios de enfermería. ACC CIETNA: Para el Cuidado de la Salud; 9(2): 94-101. https://doi.org/10.35383/cietna.v9i2.856

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). Reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud. Diario Oficial de la Federación. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/reglley/Reg_LGS_MIS.pdf&ved=2ahUKEwiU_OToosj7A

hUPD0QIHebBAdEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw3jT6T5YiAZeaTNwpATcwG0

Cervantes-Jácome, K. E., Robles-Montijo, S., Arriaga-Ramírez, J., & Sánchez-Sosa, J. (2021). Construcción y validación de una prueba de conocimientos de métodos anticonceptivos para adolescentes. Interacciones, 7, e221. http://dx.doi.org/10.24016/2021.v7.221

Data México. (2022). Universidad Autónoma de Querétaro: egresados, graduados y titulados. Economía Gob. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/institution/universidad-autonoma-de-queretaro?statusGenderSelector1=academicGender1&statusGrowthSelector1=studentsOption0&studentsEducationStatusSelector=academicStatus3

Durán-Pérez, F. & Lara-Abad, G. (2021). Aplicación del coeficiente de confiabilidad de Kuder Richardson en una escala para la revisión y prevención de los efectos de las rutinas formadas durante el periodo de confinamiento a partir de la identificación del seguimiento de medidas de seguridad, de comida y de descanso. Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula-Publicación semestral; 8(15): 51-55. https://doi.org/10.29057/esat.v8i15.6693

García, Y., Araiza, D., & Ángeles, C. (2021). Nivel de Conocimiento de Métodos Anticonceptivos en Estudiantes Universitarios. European Scientific Journal ESJ, 17(10), 305–317. https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n10p305

Gollub, E. L., Beauvais, S., & Roye, C. (2020). College-attending young men's sexual and reproductive health knowledge, attitudes and practices. Journal of American College Health, 70(3), 706–716. https://doi.org/10.1080/07448481.2020.1762609

Gutiérrez de Alarcón, R. D., Cuadra Moreno, M. L., Alarcón Gutiérrez, J., & Rodríguez, N. P. (2019). Conocimientos, actitudes y prácticas en el uso de métodos anticonceptivos en ingresantes a una universidad de Trujillo. Revista de Investigación Estadística, 2(1), 34–43. https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REDIES/article/view/2843

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. Compañías McGraw-Hill.

León, E. M., Narvaez, J. P., Polanco, R. A., & Pérez, B. E. (2022). Influencia del conocimiento como factor de riesgo sobre los métodos anticonceptivos en los estudiantes de enfermería. Revista Universidad y Sociedad, 14(S5), 628-633. https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3332

León-Larios, F., & Gómez-Baya, D. (2018). Original diseño y validación de un cuestionario sobre conocimientos de sexualidad responsable en jóvenes: Design and validation of a brief questionnaire to assess young ´ s sexual knowledge El comportamiento sexual de los jóvenes científica. El patrón de. 92, 1–15. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272018000100408

Organización Mundial de la Salud. (2023). Planificación familiar/métodos anticonceptivos. OMS. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/family-planning-contraception

Otzen, Tamara y Manterola, Carlos. (2017). Técnicas de muestreo en una población de estudio. Revista Internacional de Morfología, 35 (1), 227-232. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037

Pérez Alegría, J., Castillo Uribe, J. A., Vázquez Guzmán, S., Benítez Cruz, M., & Peza Cruz, G. (2020). Nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos y su uso en estudiantes de licenciatura. Lux Médica, 15(44), 21–31. https://doi.org/10.33064/44lm20202786

Pérez-Blanco, A., & Sánchez-Valdivieso, E. (2020). Nivel de conocimiento sobre métodos anticonceptivos y Salud Reproductiva en adolescentes mexicanos de medio rural Level of knowledge about contraceptive methods and reproductive health in Mexican adolescents in rural area. Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología, 85(5), 505–515. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75262020000500508

Quebradas-Jiménez, S., & Rodríguez-Torres, E. (2021). Análisis en el uso del condón femenino en estudiantes de una universidad privada de Cali-Colombia. ACC CIETNA: Revista de La Escuela de Enfermería, 8(1), 45–53. https://doi.org/10.35383/cietna.v8i1.359

Quintela del Río, A. (2019). Estadística Básica Edulcorada. Independently published. 341. https://bookdown.org/aquintela/EBE/EBE.pdf

UNAM Global. (2022). Aún en el siglo XXI hablar de sexualidad en las familias es un tabú. UNAM Global Revista. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/aun-en-el-siglo-xxi-hablar-de-sexualidad-en-las-familias-es-un-tabu/

Cuidados de Enfermería a Pacientes Ostomizados: Una Revisión Sistemática

1. Autora: Elisa Valeria Silverio Mendoza

Correo: valeriasilverio17@gmail.com

Teléfono: 4426641880

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro

2. Asesora metodológica: M.N.C. Balkis de Guadalupe López Hurtado

Correo: balkis.deguadalupe.lopez@uaq.mx

Teléfono: 4271814700

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

Objetivo: Construir de manera ordenada una revisión sistemática sobre los cuidados de enfermería al paciente con estomas del tracto digestivo. *Método:* Búsqueda de artículos primarios y guías de práctica clínica entre los años 2019 al 2024 en las bases de datos Scielo, Dialnet, PubMed, Redalyc, Elsevier, BVS, LILACS, Cochrane Library, BDENF-Enfermería, Latindex e IBECS, en idiomas español, portugués e inglés. Utilizando los DECS: Estoma, Ostomía, Cuidados de Enfermería y los operadores booleanos AND y OR. El instrumento evaluador de los artículos primarios fue el ICrESAI-IMeCI y el AGREE II para las guías de práctica clínica. *Resultados principales:* Se obtuvo un total de 8 artículos primarios y 2 guías de práctica clínica. Arrojando cuidados de enfermería, entre los más mencionados; la colocación de polvo estomal seguido de un sellador de tegumento en la piel periestomal, para evitar la irritación en el estoma el disco de ostomía tiene que cortarse un octavo de pulgada más grande que este y la limpieza del estoma debe realizarse con agua tibia y jabón. Con las nuevas investigaciones, se añaden intervenciones como el uso de gel de aloe vera que disminuye la erosión cutánea y colocar polvo de plátano verde para la atención de la dermatitis periestomal. *Conclusión general:* Aunque la información obtenida cumplió con el objetivo del estudio, es necesario propiciar el aumento de las investigaciones sobre estomas del tracto digestivo, propiciando brindar información con una buena calidad metodológica, así como la actualización de las guías estandarizadas.

Palabras clave: Estomas quirúrgicos; Ostomía; Cuidados de Enfermería.

Abstract

Objective: To construct in an orderly manner a systematic review on nursing care for patients with stomas of the digestive tract. *Method:* Search for primary articles and clinical practice guidelines between the years 2019 and 2024 in the Scielo, Dialnet, PubMed, Redalyc, Elsevier, BVS, LILACS, Cochrane Library, BDENF-Enfermería, Latindex and IBECS databases, in Spanish, Portuguese and English. Using the DECS: Stoma, Ostomy, Nursing Care and the Boolean operators AND and OR. The evaluation instrument for the primary articles was the ICrESAI-IMeCI and the AGREE II for the clinical practice guidelines. *Main results:* A total of 8 primary articles and 2 clinical practice guides were obtained. Showing nursing care, among the most mentioned; the placement of stomal powder followed by a skin sealant on the peristomal skin, to avoid irritation in the stoma the ostomy disk has to be cut one eighth of an inch larger than this and the stoma should be cleaned with warm water and soap. With the new research, interventions such as the use of aloe vera gel that decreases skin erosion and the placement of green banana powder for the care of peristomal dermatitis are added. *Overall conclusion:* Although the information obtained fulfilled the objective of the study, it is necessary to promote the increase of research on stomas of the digestive tract, promoting the provision of information with good methodological quality, as well as the updating of standardized guidelines.

Keywords: Surgical Stomas; Ostomy; Nursing Care.

Introducción

Las ostomías son procedimientos quirúrgicos realizados por razones terapéuticas, en las que se construye una derivación externa, denominada estoma, que sirve como una abertura artificial a través de la pared abdominal. Puede funcionar como una fistulización externa de un conducto, es decir, una salida para heces u orina. O, como apoyo nutricional, al introducir sustancias al cuerpo con fines terapéuticos y/o de alimentación (Huitzil-Tinajero y Molina-Murrieta, 2018).

Las razones por las que se construye un estoma son diversas; en el caso de los estomas de eliminación, se realizan a consecuencia de neoplasias, traumatismos, enfermedades inflamatorias intestinales, obstrucciones intestinales, entre otras (Huitzil-Tinajero & Molina-Murrieta, 2018). En cambio, los estomas nutricionales son creados en consecuencia de diversas patologías como enfermedades irreversibles que generan una supervivencia prolongada, afecciones terminales en las que la esperanza de vida es indefinida o en aquellos pacientes que necesitan nutrición a largo plazo y presentan un riesgo elevado de aspiración de los alimentos o simplemente porque existan problemas en el tubo digestivo (Ayik et al., 2020).

Las complicaciones del estoma, ya sea de eliminación o nutrición, se clasifican de acuerdo a su tiempo de aparición en dos, las tempranas que ocurren durante los primeros 30 días del postoperatorio, como son edema, necrosis, separación mucocutánea, infección y dermatitis; las tardías como los prolapsos, la retracción del estoma, hernia paraestomal, pioderma gangrenoso periestomal y estenosis (Huitzil-Tinajero y Molina-Murrieta, 2018).

Algunas de las distintas complicaciones, en especial las tempranas, derivan de la mala práctica ejercida por el profesional de la salud que atiende al paciente ostomizado. Pues la incorrecta técnica que se tiene para el cambio de equipos o bolsas de recolección genera complicaciones frecuentes y un aumento de costos económicos. Lo que concluye en que la asistencia sanitaria para pacientes ostomizados dada por el personal de enfermería que no está capacitado o tiene conocimiento del tema no es efectiva y asequible en cuanto a costo (Fernandes y Brito, 2020).

Algunos autores expresan que una de las razones por las que el conocimiento no es óptimo es por la deficiente formación y actualización del personal, además de la falta de competencia para responder a las necesidades de los pacientes ostomizados, lo que origina un aumento en la incidencia de complicaciones derivadas de malas prácticas. Por lo tanto, es fundamental que el profesional de enfermería domine técnicas especializadas para la atención del paciente con estomas, por medio de cursos profesionales y cíclicos, pues la necesidad de mejorar la formación sobre estomas es un factor clave para la detección oportuna y temprana de los riesgos de salud. Sin embargo, las capacitaciones del personal muchas veces no son constantes y en el caso que el trabajador quiera especializarse sobre estomas de manera externa, por lo general, es a costos elevados (Fernandes y Brito, 2020).

Otra vía de capacitación son las fuentes oficiales de información como las normas, guías y manuales que sirven de consulta para el personal de enfermería. No obstante, la mayoría de estas se encuentran desactualizadas, abarcando un período de publicación desde 1996 hasta el año 2023, este último con bibliografía desde el año 1993 hasta 2011 la más reciente. De acuerdo al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), las guías no cumplen con el período de vigencia al no haber sido actualizadas por lo menos cada 5 años (IMSS, 2014).

Por otra parte, es importante recalcar lo complicado que puede resultar para el personal de enfermería estar constantemente leyendo estudios previos para proporcionar el cuidado al paciente con estoma, derivado de las jornadas laborales estresantes y largas, además, los artículos seleccionados pueden no haber pasado por una evaluación de calidad rigurosa para proporcionar información adecuada. De ahí que una revisión sistemática funciona como un medio de información actualizada, resumida y confiable, que ha sido publicada durante los últimos años, logrando una síntesis de la evidencia, a fin de ser de fácil consulta. Motivando la enfermería basada en la evidencia.

El objetivo principal de esta investigación fue construir de manera ordenada una revisión

sistemática sobre los cuidados de enfermería al paciente con estomas del tracto digestivo y los objetivos específicos abarcaron seleccionar los artículos originales que cumplen con los criterios de elección y compilar la información más actualizada e importante de los estudios para ser expuesta en la revisión sistemática.

Metodología

La presente revisión sistemática contó con un diseño descriptivo y observacional, siguiendo la metodología establecida por la Declaración Prisma en el año 2020. Abarcando cinco etapas: identificación del problema, búsqueda de los estudios primarios, evaluación de estudios, análisis y extracción de datos, y finalmente presentación de resultados (Page et al., 2021).

Al iniciar con la identificación del problema, se estableció conforme la estrategia PICO con los siguientes términos: *Población* (pacientes con estomas del tracto digestivo), *Intervención* (Cuidados de enfermería), *Comparación* (Cuidados que especifica cada estudio original) y *Resultados* (Cuidados de enfermería más actualizados para el paciente con estomas del tracto digestivo).

Lo que determinó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los cuidados de enfermería para pacientes con estomas del tracto digestivo?

La estrategia de búsqueda utilizó los términos proporcionados por los Descriptores en Ciencias de la Salud (DECS) y los términos de lenguaje controlado Medical Subject Headings (MeSH).

Las bases de datos seleccionadas donde se realizó la búsqueda fueron: Scielo, Dialnet, PubMed, Redalyc, Elsevier, Biblioteca Virtual en Salud (BVS), Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS), Cochrane Library, BDENF-Enfermería, Latindex e Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud (IBECS).

En cuanto a los criterios de inclusión se estableció la elección de artículos originales y guías de práctica clínica publicados entre junio del 2019 y junio 2024 que contaran con un consentimiento informado, en caso de ser necesario, en idiomas inglés, español y portugués. Los criterios de exclusión fueron los artículos enfocados en pacientes pediátricos, o investigaciones como revisiones sistemáticas. Finalmente, los de eliminación fueron aquellos que no aprobaron las pruebas de calidad metodológica conforme los instrumentos: Instrumento de Criterios de Elegibilidad de los Artículos de Investigación (ICrESAI) y Evaluación de la Calidad Metodológica de los Estudios Elegidos (IMeCI) realizado en el año 2013 por la E.E. Olga Gómez-Ortega y la Dra. María Amada-Rey en Colombia, que establece pautas en la selección de los artículos que forman parte de la revisión sistemática además de analizar la calidad metodológica. Dichos instrumentos, cuentan con un Índice de Validez de Contenido (CVI) de 1,0 y un índice de fiabilidad o concordancia inter codificador entre 0,547 y 0,973, es decir, buenos de acuerdo a la interpretación propuesta por Cohen (Gómez-Ortega y Amada-Rey, 2013). Únicamente se utilizaron los estudios que aprobaron el filtro de cumplir con mínimo 8 ítems de los 9 que establece el ICrESAI y obtener un puntaje mínimo de 8 en la evaluación del IMeCI.

En el caso de las guías, el instrumento seleccionado para su evaluación fue el AGREE II publicado en el 2003 por investigadores y creadores de guías en una colaboración con la empresa AGREE. Según la valoración de Brouwers y otros, obtuvieron que las puntuaciones medias de los ítems del AGREE II fueron altas con un rango de 5,43-6,43 en cuanto a idoneidad y 5,33-6,33 para la facilidad de aplicación, en referencia a la guía que realizaron los mismos autores (Brouwers et al., 2010). Para el caso de esta RS, se determinó que la calificación mínima para que las guías aprueben el instrumento, fue de 6.0.

Esta revisión sistemática fue clasificada como una investigación sin riesgo, según lo establecido en el Artículo 17, Clasificación I de la Ley General de Salud. Pues su principal objetivo es la recopilación de la información, sin ejercer intervención en pacientes, ya sea de carácter fisiológico, psicológico o social.

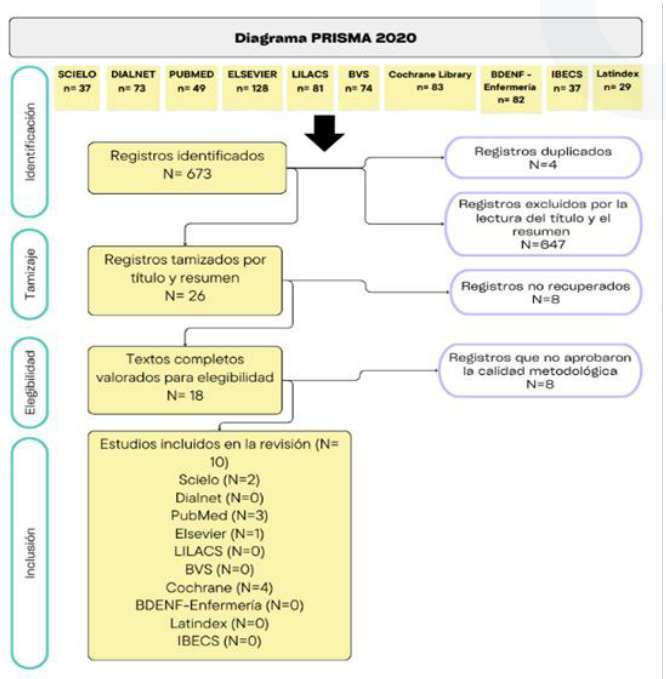
El estudio fue aprobado por el Subcomité de Investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro en México con número 002/FE-SI-05-07-24 (SSCU) y por parte del Comité de Investigación del Hospital General de Querétaro en México con número de registro 458/12-08-2024/PSSE. Facultad de Enfermería de

la Universidad Autónoma de Querétaro. Para finalmente obtener el registro aprobatorio ante el H. Comité Estatal de Investigación del Estado de Querétaro con número 1711/HGQ/458/12-08-2024/PSSE. FACULTAD DE ENFERMERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO. Además, de obtener el dictamen de EXENTO por el Comité de Bioética de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro, con registro COMBIOENF-001-2024-FE/SSCU.

La búsqueda inicial en las bases de datos identificó un total de 673 artículos arrojados conforme a las ecuaciones bibliográficas. Por medio de la lectura del título y el resumen se seleccionaron un total de 26 archivos, de los cuales fueron excluidos aquellos de los que no se pudo acceder al texto completo, quedando 18 artículos. Estos fueron valorados por medio de los instrumentos de elegibilidad y calidad metodológica.

Tras la evaluación se obtuvieron 10 estudios, 8 artículos primarios y 2 guías de práctica clínica.

Gráfico 1. Flujograma de selección de artículos



Fuente: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

Resultados

En el análisis de la información se pudo encontrar que la información actualizada arrojaba intervenciones y cuidados, por lo que se hizo necesario establecer la diferencia entre éstas, siendo que las primeras pueden denominarse como aquella acción que permite iniciar o modificar el proceso ya establecido a fin de impulsar una optimización o mejora en los procedimientos (Clínica Universidad de Navarra, 2024). Mientras que los cuidados son las actividades o medidas de atención generales y ya establecidas que son dirigidas a la mejora de la calidad de vida del paciente (Instituto Nacional del Cáncer, 2024).

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática se dividen en estos dos tipos de recomendaciones, los cuidados de enfermería más actualizados *(Tabla 1)*, donde los más mencionados fueron la colocación de polvo estomal seguido de un sellador de tegumento en la piel periestomal, que la limpieza del estoma debe realizarse con agua tibia y jabón, además de que debe secarse correctamente antes de colocar un nuevo dispositivo recolector y que para tratar la retracción del estoma debe realizarse con un dispositivo convexo y un cinturón. Las nuevas intervenciones se presentan en la *(Tabla 2)*:

Tabla 1. Cuidados de enfermería

Artículo O Guía	Autor y Año	Calificación	Resultados
ARTÍCULO Uso de productos barrera para prevenir complicaciones en la piel periestomal	Mudarra et al., 2020	ICrESAI 9/9 IMeCI 15/18 (8.3)	*Aerosol protector barrera es una mezcla de 100% de silicona a base de siloxanos* * Su modo de empleo es el siguiente: a) Limpiar y secar la piel periestomal. b) Agitar bien antes de usar. c) Mantener a unos 10 cm del área que se desea tratar. d) Aplicar una capa uniforme efectuando un movimiento de barrido y asegurarse de que se haya secado completamente

			antes de aplicar productos adhesivos (discos). La utilización tanto de un aerosol protector barrera sobre la piel del paciente antes de la colocación del disco de ostomías, como la aplicación para su retirada de un spray quita-adhesivo, parece reducir el riesgo de complicaciones en la piel periestomal en el paciente quirúrgico. * El modo de empleo de un spray quita-adhesivo es: Retirar el adhesivo de la piel frotando con suavidad, ayudándose del producto si lo considera necesario, para facilitar la eliminación. Una vez retirado el disco se llevaba a cabo la limpieza de la piel periestomal.
ARTÍCULO Comparing the skin stripping effects of three ostomy skin barriers infused with ceramide, honey or aloe	Nichols et al., 2019	ICrESAI 9/9 IMeCI 15/18 (8.3)	* Las barreras para ostomía deben aplicarse así: retirar el revestimiento protector, colocar la barrera sobre la piel y sostener en su lugar con la mano durante 30 segundos. * Para retirar la barrera, despegar suavemente en un ángulo de 90°.
			* Una barrera cutánea infundida con ceramida puede reducir los efectos de la eliminación de la piel por la aplicación repetida de barreras cutáneas adhesivas.
GUÍA AGA Clinical Practice Update on Management of Ostomies: Commentary	Hedrick et al., 2023	AGREE II (106/161)	**Complicaciones a corto plazo** **Fugas de estomas* 1.- Asegurarse de que la piel periestomal esté seca antes del procedimiento y usar una fina capa de polvo estomal seguido de un sellador de tegumento sobre la piel periestomal antes de la aplicación de la bolsa. 2.- La abertura del dispositivo debe cortarse un octavo de pulgada más grande que el estoma para evitar la irritación de la mucosa y limitar la superficie de la piel expuesta al efluente. 3.- El tamaño del estoma debe medirse en cada cambio de dispositivo durante las primeras 8 semanas. * *Retracción ostomal*

			1.- La retracción generalmente se maneja sintomáticamente con un dispositivo convexo, cinturón de ostomía y anillo de barrera hasta que se pueda revertir el estoma. **Complicaciones a largo plazo** ***** *Problemas dermatológicos* 1.- Se puede espolvorear polvo antimicótico sobre la piel y fijar con sellador. **Prolapso estomal* 1.- En ausencia de isquemia, el prolapso se puede reducir colocando al paciente en decúbito supino y apretando suavemente la ostomía hacia el abdomen. Si el estoma no se puede reducir solo con presión, se aplica una taza de azúcar directamente sobre el estoma y se deja en su lugar durante 20 minutos o aplicar compresas con suero glucosado hipertónico.
GUÍA Stoma and Peristomal Skin Care:	Stelton. 2019	AGREE II (130/161)	***** La barrera cutánea debe cortarse un octavo de pulgada mayor que el tamaño del estoma.

A Clinical Review			***** La elección de la barrera y dispositivo recolector debe ser conforme las especificaciones del paciente. ***** Las bolsas deben vaciarse cuando estén llenas hasta la mitad o dos tercios para evitar fugas. **Complicaciones** *Prolapso del estoma:* Mantener al paciente en decúbito supino para colocar un paño frío a fin de reducir el tamaño. *Dermatitis irritativa:* se puede controlar mediante la aplicación de polvo para ostomía a base de pectina que se sella a la piel con una toallita protectora con agua para que la piel quede pegajosa. *Lesión mecánica:* aplicación de aerosol protector de la piel sin alcohol antes de la colocación de la bolsa y el uso de una toallita removedora de adhesivos para ayudar a la eliminación de la bolsa. *Retracción del estoma:* es necesario utilizar un sistema de bolsa

			con una barrera cutánea convexa con un cinturón para dispositivo de ostomía.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. Intervenciones de enfermería

Artículo	Autor y año	Calificación	Resultados
ARTÍCULO Melaleuca armillaris essential oil as an odor reducer in intestinal ostomy bags: a semi-experimental study	Marques et al., 2022	ICrESAI 8/9 IMeCI 15/18 (8.3)	**El aceite se rocía dentro de la bolsa** Los efectos observados con el producto desarrollado a base de aceite esencial de Melaleuca Armillaris al 10% mostraron resultados favorables en la Escala LMS (sensitiva del olfato).
ARTÍCULO Peristomal Dermatitis: Treatment with Green Banana Peel (Musa Sapientum) Powder	Da Silva et al., 2021	ICrESAI 9/9 IMeCI 15/18 (8.3)	**El polvo se utiliza directamente en la piel periestomal** 1.- El polvo de plátano verde proporcionó una curación eficaz para la dermatitis periestomal, y redujo el tiempo de reparación del tejido, sin comprometer la adherencia de la placa de recolección. 2.- Los participantes refirieron que el polvo generó un alivio inmediato del dolor en la región de la lesión, comodidad después del uso y protección de la piel.
ARTÍCULO Efficacy of gel containing organic extra virgin olive oil for peristomal skin hygiene: A pilot randomised controlled trial	Hueso-Montoro et al., 2023	ICrESAI 9/9 IMeCI 16/18 (8.8)	* El grupo experimental, que utilizó el gel que contiene aceite de oliva virgen para el lavado del estoma, obtuvo resultados de mejoría en la piel periestomal. *El gel no produce ninguna complicación al tener en su fórmula, surfactante.
ARTÍCULO Effects of lavender essential oil for colorectal cancer patients with permanent colostomy on elimination of odor, quality of life, and ostomy adjustment: A randomized controlled trial	Duluklu y Çelik, 2019	ICrESAI 9/9 IMeCI 15/18 (8.3)	* El uso del aceite esencial de lavanda en la bolsa de colostomía para pacientes con cáncer colorrectal y colostomía permanente puede eliminar el olor, aumentar la calidad de vida y mejorar el proceso de ajuste de la ostomía. *Se utiliza colocando 10 gotas de aceite esencial de lavanda en la bolsa limpia durante el cambio de la bolsa de colostomía y la distribución del

			*aceite por toda la superficie interior de la bolsa**
ARTÍCULO Effect of aloe vera gel on healing peristomal skin complications in patients with colostomy and ileostomy	Magharei et al., 2021	ICrESAI 9/9 IMeCI 16/18 (8.8)	* El gel de aloe vera se aplicó en la piel periestomal en cada cambio de bolsa, haciendo que la erosión cutánea y decoloración de la piel periestomal disminuyera significativamente en comparación con el valor inicial.
ARTÍCULO Evaluatimg the Application of Nail Polish as an Ostomy Baseplate: a Comparative Analysis With Conventional Ostomy Pastes in the Market and in a Clinical Trial	Chinisaz et al., 2024	ICrESAI 8/9 IMeCI 15/18 (8.3)	*El uso de esmalte de uñas como placa base en los estomas genera menos complicaciones cutáneas periestomales así como alergias en la piel. Reduce el tiempo y los recursos económicos gastados en la atención al estoma.

Fuente: Elaboración Propia

Discusión

Inicialmente se obtuvo una muestra grande de artículos con la ecuación de búsqueda planteada en el apartado de metodología, sin embargo, se fue reduciendo debido a los criterios de inclusión y los instrumentos a los que fueron sometidos. Lo anterior se asemeja lo encontrado en otras revisiones sistemáticas que utilizaron el mismo instrumento de evaluación para artículos primarios. Como en la revisión sistemática de Ordóñez et al., (2022) "Características intrínsecas de los docentes enfermeros analizadas según la teoría de Patricia Benner" donde se identificaron 87 artículos, quedando al final 15 artículos.

Para el caso de la evaluación de las guías con el instrumento AGREE II, sucedió lo contrario a otras investigaciones. En esta revisión sistemática ambas guías aprobaron el instrumento de la investigación, mientras que en las otras redujeron el número de guías que habían seleccionado en sus muestras.

Respecto a la información encontrada, y haciendo una comparativa entre los resultados de la RS y lo expuesto en las Guías de Práctica Clínica (GPC) establecidas en México. Entre los cuidados de enfermería similares, se encontró necesaria la valoración del estoma a fin de seleccionar el sistema colector que mejor se adecué al paciente, con base al estado de la piel, consistencia de las heces y forma del abdomen, además de la necesidad de utilizar sistemas colectores convexos con cinturón cuando los estomas son planos o retraídos (Hedrick et al., 2023; Stelton, 2019).

En cuanto al cambio de dispositivo recolector, tanto las GPC como los resultados de la RS, establecen que debe realizarse al despegar de arriba hacia abajo sujetando la piel con la otra mano, en un ángulo de 90° (Nichols et al., 2019). Para el vaciado de la bolsa en los estomas de eliminación, las GPC y la RS apuntan a que debe desecharse antes de que llegue como máximo a 2/3 de la capacidad del dispositivo (Stelton, 2019).

De acuerdo con las diferencias de los cuidados e intervenciones de enfermería, para la limpieza del estoma y la piel periestomal, las GPC especifican el uso de agua y jabón neutro. Sin embargo, entre las intervenciones recolectadas en la RS, se apunta que el uso de jabón-gel con pH neutro que contiene extracto de aceite de oliva virgen reduce complicaciones y resguarda la integridad de la piel, además de priorizar el secado correcto del estoma y la piel periestomal (Hueso-Montoro et al., 2023; Mudarra et al., 2020).

En el proceso de cambio de sistema colector se asemejan las técnicas al medir previamente el estoma para recortar y colocar la barrera; sin

embargo, la RS estandariza que la medida debe cortarse un octavo de pulgada mayor que el tamaño del estoma, contrario a las GPC donde no hacen mención de utilizar un sistema medidor o un tamaño especifico, generando ambigüedad en esta actividad (Hedrick et al., 2023; Stelton, 2019).

En la elección de barreras cutáneas o discos de ostomía, las GPC no sugieren un tipo de barrera, mientras que la RS motiva a la utilización de una barrera que contenga ceramida, la cual ayuda a evitar la descamación de la piel ya que mantiene la integridad de la piel del paciente, además de exponer que la forma de colocación debe ser sosteniendo el dispositivo al menos 30 segundos (Nichols et al., 2019).

En cuestión a la utilización de un tipo de pasta como barrera dérmica protectora alrededor del estoma, las GPC aluden el uso de pasta hidrocoloide no obstante la RS expone una nueva intervención con la utilización de esmalte de uñas que reduce las alergias cutáneas y complicaciones periestomales (Chinisaz et al., 2024).

Ante el retiro de los discos de ostomía, la RS establece la necesidad de usar un spray quita-adhesivo a fin de reducir complicaciones. En tanto que la GPC, no indica la utilización de ningún producto (Mudarra et al., 2020).

En cuanto a las complicaciones, la GPC explica que los cuidados respecto al prolapso del estoma debe realizarse manualmente y empleando una vigilancia estrecha. En cambio, la RS apunta a colocar al paciente en posición relajada, es decir en decúbito supino para aplicar un paño frío o compresas con suero glucosado hipertónico para deshidratar la mucosa (Stelton, 2019; Hedrick et al., 2023).

Ante la presencia de dermatitis irritativa, la GPC menciona el uso de apósitos hidrocoloides delgados sin alcohol o pomadas con hidrocoloides, sin embargo, las intervenciones de las RS refieren que es preferible el utilizar gel de aloe vera, que beneficia en la disminución de la erosión cutánea y la decoloración de la piel (Magharei et al. 2021).

Las GPC mencionan el uso de un protector cutáneo y un polvo fijador para el caso de la dermatitis periestomal; no obstante, no son específicos en cuanto a cómo debe colocarse el protector cutáneo, caso contrario con la RS, que especifica la aplicación del spray como barrera cutánea a 10 cm de la piel periestomal y en forma de barrido para cubrir el área (Mudarra et al., 2020). En cuanto al polvo, la GPC menciona el uso de polvo hidrocoloide mientras que la RS describe el uso de distintos polvos como antimicótico o con base de pectina (Hedrick et al., 2023; Stelton, 2019). Así mismo, entre las intervenciones, la RS añade el uso del polvo de plátano verde que beneficia en la curación de la dermatitis en menor tiempo y genera un estado de alivio inmediato en la piel (Da Silva et al., 2021).

Para la atención de fugas de líquido en los estomas de eliminación, la RS refiere el priorizar que la piel periestomal y el estoma debe tener limpieza adecuada, para posteriormente utilizar polvo y sellador de piel, a fin de utilizar el disco de ostomía de acuerdo al tamaño del estoma (Hedrick et al., 2023). Para las lesiones mecanicas la RS sugiere usar aerosol protector y mejorar los cuidados en la piel (Stelton, 2019).

Finalmente, la RS plantea la necesidad de realizar intervenciones en uno de los puntos que más se deja de lado en los pacientes con estomas de eliminación, como es la contención del olor que pueden presentar en los equipos de recolección de desechos. Ninguna de las GPC especifica alguna intervención, por lo que se promueve el uso de aceite esencial de lavanda o aceite esencial de Melaleuca Armillaris para disminuir los olores en las bolsas (Marques et al., 2022; Duluklu y Celik, 2019).

Conclusiones

En cuanto a los nuevos cuidados de enfermería obtenidos en la RS se presentan 12 que abarcan el cuidado directo al estoma, atención a complicaciones y mantenimiento de la piel periestomal. Así mismo, se mantienen 5 cuidados similares a las GPC, que fueron mencionados anteriormente. Además se agregan 6 nuevas intervenciones, enfocadas a disminuir la dermatitis irritativa o la erosión cutánea, utilizar nuevos productos para la limpieza del estoma y añadir aceites esenciales para disminuir el olor.

Aunque la información obtenida cumplió con el objetivo del estudio, es necesario propiciar el aumento de las investigaciones sobre estomas del tracto digestivo, propiciando brindar información

con una buena calidad metodológica, así como la actualización de las guías estandarizadas.

Referencias bibliográficas:

Ayik, C., Özden, D., Cenan, D. (2020). Ostomy Complications, Risk Factors, and Applied Nursing Care: A Retrospective, Descriptive Study. *Index Wound Management & Prevention*, 66(9), 20–30. https://doi.org/10.25270/wmp.2020.9.2030

Brouwers, M.C., Kho, M.E., Browman, G.P., Burgers, J.S., Cluzeau, F., Feder, G., Fervers, B., Graham, I.D., Hanna, S.E., Makarski, J. (2010). Development of the AGREE II, part 2: assessment of validity of ítems and tolos to support application. *Canadian Medical Association,* 182(10), E472-E478. https://doi.org/10.1503/cmaj.091716

Chinisaz, F., Miratashi, S.A., Ahmadi, H., Sahebi, L. (2024). Evaluating the Application of Nail Polish as an Ostomy Baseplate: A comparative Analysis With Conventional Ostomy Pastes in the Market and a Clinical Trial. *Diseases of The Colon and Rectum*, 67(10), 1332-1340. https://doi.org/10.1097/dcr.0000000000003446

Clínica Universidad de Navarra. (2024). Intervención. *Diccionario Médico*. https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/intervencion

Da Silva, A.C., Simoes, I.S., Salomé, G.M., Novato, D.A., Rodrigues, A. Peristomal Dermatitis: Treatment with Green Banana Peel (Musa sapientum) Powder. *J. Coloproctol,* 41(2), 145-151. https://doi.org/10.1055/s-0041-1730389

Duluklu, B. y Celik, S.S. (2019). Effects of lavender essential oil for colorectal cáncer patients with permanent colostomy and ostomy adjustment: A randomized controlled trial. *European Journal of Oncology Nursing,* 42, 90-96. https://doi.org/10.1016/j.ejon.2019.08.001

Fernandes, C.P. y Brito, CS. Effect of a Stoma Nursing Care Program on the Adjustment of a Patients with an Ostomy. *Aquichan,* 20(1), e2014. https://doi.org/10.5294/aqui.2020.20.1.4

Gómez-Ortega OR., Amaya-Rey MC. ICrESAI-IMeCI: instrumentos para elegir y evaluar artículos científicos para la investigación y la práctica basada en evidencia. *Aquichan*, 13(3), 407-420. https://doi.org/10.5294/aqui.2013.13.3.8

Hedrick, T.L., Sherman, A., Cohen-Mekelburg, S., Gaidos, J.K.J. (2023). AGA Clinical Practice Update on Management of Ostomies: Commentary. *Clinical Gastroenterology and Hepatology,* 21(10), 2473-2477. https://doi.org/10.1016/j.cgh.2023.04.035

Hueso-Montoro, C., Moya-Muñoz, N., Martín-Cebrián, J., Huertas-Fernández, R., Sánchez-Crisol, I., García-Fernández, F.P., Capilla-Díaz, C. (2023). Efficacy of gel containing organic extra virgin oil for peristomal skin hygiene: a pilot randomised controlled trial. *J Tissue Viability*, 32(2), 188-193. https://doi.org/10.1016/j.jtv.2023.02.004

Huitzil-Tinajero, N.L. y Molina-Murrieta, L. Características de pacientes ostomizados de una clínica de heridas y ostomías en Ciudad de México. *Revista Mexicana de Enfermería*, 6(1), 55-60. https://doi.org/1024875/ENF.M18000014

Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). (2014). Actualización de Guías de Práctica Clínica. *CENETEC*.

Instituto Nacional del Cáncer. (2024). Cuidados médicos de apoyo. *Diccionario del NCI*. https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/cuidados-medicos-de-apoyo

Magharei, M., Ejtemaei, N., Dehghanrad, F., Khazraei, H. (2021). Effect of aloe vera gel on healing peristomal skin complications in patients with colostomy and ileostomy. *Family Medicine & Primary Care Review*, 23(4), 447-451. https://doi.org/10.5114/fmpcr.2021.110359

Marques, E.C., Souza, D.M., Vilela, F.F., Teixeira, M.A. (2022). Melaleuca armillaris essential oil as an odor reducer in intestinal ostomy bags: a semi-experimental study. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 15(56), e20210480. https://doi.org/10.1590/1980-220x-reeusp-2021-0480en

Mudarra, N., Naranjo, I., Calvo, J.M., Torres, M.D., Nieto, A., Pérez, R. (2020). Uso de productos barrera para prevenir complicaciones en la piel periestomal. *Metas de Enfermería*, 23(8), 50-8. https://doi.org/10.35667/MetasEnf.2020.23.1003081644

Nichols, T., Houser, T. y Grove, G. (2019). Comparing the skin stripping effects of three ostomy skin barriers infused with ceramide, honey or aloe. Journal of Stomal Therapy Australia, 39(2), 14-18. http://dx.doi.org/10.33235/jsta.39.2.14-18

Ordóñez, M.I., Cambizaca, G.P., López, C.V., Elizalde, H. Características intrínsecas de los docentes enfermeros analizadas según la teoría de Patricia Benner. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*. 6(43), 405-413. https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss43.2022pp405-413

Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 372(71), 1-9. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Stelton, S. (2019). CE: Stoma and Peristomal Skin Care: A Clinical Review. *The American Journal of Nursing*, 119(6), 38-45. https://doi.org/10.1097/01.naj.0000559781.86311.64

LEISHMANIASIS Y TRANSFUSIÓN SANGUÍNEA: ¿UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA NO CONTROLADO?

Autores

Villagrán-Herrera, Ma. Elena*; Vega-González Martha Anais**

*Doctor en ciencias, Departamento de Investigación Biomédica, Facultad de Medicina, UAQ

**Estudiante 9o semestre de la Facultad de Medicina, UAQ

Introducción: La leishmaniasis es una enfermedad metaxénica, transmitida de manera natural por un insecto vector (díptero *Phebotomus* o *Lurtzomyi*a), y producida por un parásito zooflagelado (*Leishmania*). La presentación clínica incluye las formas cutánea, mucocutánea y visceral según la especie involucrada. Se distribuye a nivel mundial, sobre todo en zonas rurales y marginadas en donde el insecto vector se encuentra presente, y el ambiente es propicio para que realice su ciclo biológico. Con el advenimiento del cambio climático, las zonas endémicas del vector han cambiado extendiendo su presencia a áreas urbanas. En las últimas décadas, se ha prestado especial atención a la forma de transmisión transfusional, ya que puede conducir al desarrollo de la enfermedad a mediano o largo plazo, a veces, de manera atípica e inespecífica. La detección de los portadores representa un problema por la falta de herramientas diagnósticas confiables y disponibles que identifiquen ya sea al parásito o la presencia de anticuerpos ante la infección en los potenciales donadores de productos sanguíneos.

Objetivos: Conocer la prevalencia actual de anticuerpos contra el parásito en donadores de sangre de un banco de sangre de la Ciudad de Santiago de Querétaro.

Material y métodos: Se aplicaron pruebas de ELISA (Ensayo de Inmunoadsorción ligado a enzima con IgG anti-*Leishmania*) y de Inmunofluorescencia indirecta (IFI) en 89 muestras de suero recopiladas en donadores de sangre asintomáticos captados en marzo del 2023.

Resultados: La prevalencia de infección por Leishmania probada por ambos métodos fue de 6.7% (6 muestras), similar a la reportada en la literatura médica.

Conclusiones: La necesidad de incluir métodos de laboratorio para el tamizaje de donadores en los bancos de sangre para la detección de casos asintomáticos de Leishmaniasis es una necesidad actual.

Relación de factores gineco-obstétricos con subtipos de cáncer de mama

Autor: Peláez Cruz Yordi Alexis, Tesista de Licenciatura

Tutor: Dra. Cisneros Villanueva Mireya, adscrita al laboratorio de genómica del cáncer del instituto nacional de medicina genómica.

Resumen

Introducción: La incidencia y mortalidad del cáncer de mama en México están en aumento, y la falta de acceso a métodos de tamizaje dificulta un diagnóstico oportuno. Existen pocos estudios que analicen la relación entre antecedentes clínicos y cáncer de mama. Identificar factores gineco-obstétricos y otros elementos es crucial para entender los riesgos prevenibles, mejorar el diagnóstico y optimizar la terapéutica oncológica.

Objetivo: Este estudio busca determinar la relación entre factores gineco-obstétricos y los subtipos luminales A y B en pacientes con cáncer de mama de la cohorte INMEGEN-FUCAM.

Material y métodos: Se llevó a cabo un estudio observacional, analítico y retrospectivo revisando 80 expedientes clínicos de mujeres diagnosticadas con cáncer de mama en INMEGEN-FUCAM entre septiembre de 2022 y mayo de 2024.

Resultados: La mayoría de las pacientes no tenía antecedentes heredofamiliares de cáncer de mama, aunque muchos reportaron familiares con otros tipos de cáncer. La edad más común al diagnóstico fue menor de 50 años, con una menarca promedio a los 13 años. La menopausia fisiológica se presentó en el 88.4% de las pacientes, con una mediana a los 49 años. El inicio de vida sexual fue más frecuente a los 20 años, y el 55% utilizó métodos de planificación familiar, siendo el DIU el más común. Aunque no se encontraron asociaciones significativas entre factores gineco-obstétricos y los subtipos luminales, sí se identificó una relación significativa entre el índice de masa corporal (IMC) y el sedentarismo con dichos subtipos ($p=0.045$ y $p=0.036$).

Conclusiones: El sobrepeso, la obesidad y el sedentarismo están relacionados con los subtipos luminales A y B en mujeres mexicanas con cáncer de mama.

Summary

Introduction: In Mexico, breast cancer incidence and mortality are on the rise, compounded by limited access to screening methods that delay timely diagnosis. There is a scarcity of studies examining the link between clinical history and breast cancer. Understanding gynecological-obstetric and other factors is crucial for identifying preventable risk factors, which can enhance diagnosis, prognosis, and the effectiveness of oncological therapies.

Objective: This study aims to determine the relationship between gynecological-obstetric factors and luminal A and B subtypes in breast cancer patients from the INMEGEN–FUCAM cohort.

Material and Methods: An observational, analytical, retrospective, single-center study was conducted by reviewing 80 medical records of Mexican women diagnosed with breast cancer at INMEGEN–FUCAM from September 2022 to May 2024.

Results: Most patients lacked a family history of breast cancer (n=18), although many reported relatives with other cancers (n=45). The most common age at diagnosis was under 50 years, with menarche occurring at an average age of 13. Physiological menopause was noted in 88.4% of patients, with a median age of 49 years. The average age of sexual debut was 20 years, and 55% used family planning methods, predominantly the IUD (18.8%). Most patients had at least one pregnancy (86.25%) and breastfed for a median of 12 months in luminal A and 6 months in luminal B. While no

significant associations were found with luminal subtypes, body mass index (BMI) and sedentary lifestyle were significantly linked to these subtypes (p=0.045 and p=0.036).

Conclusions: Overweight, obesity, and sedentary lifestyle are associated with luminal A and B subtypes in Mexican breast cancer patients.

Keywords: Breast cancer, gyneco-obstetric factors, non-pathological factors, A luminal, B luminal.

El cáncer de mama

Es una patología compleja heterogénea, que abarca una variedad de subtipos con características biológicas distintas. Estas diferencias en los subtipos conducen a variaciones en los patrones de respuesta a diversas modalidades de tratamiento y en los resultados clínicos (40).

La mayoría de los casos de cáncer de mama son esporádicos, con un 5-10% de los pacientes presentando un componente hereditario, principalmente asociado a los genes BRCA1 y BRCA2. Factores como la menarca precoz y la menopausia tardía también incrementan el riesgo. El pronóstico y tratamiento dependen del estadio de la enfermedad y las características del tumor. Las opciones terapéuticas incluyen cirugía, radioterapia y terapia sistémica. La tasa de supervivencia a 5 años es del 99% en casos localizados, pero solo del 28% en etapas avanzadas, destacando la importancia de la detección temprana para mejorar los resultados.

Algunos de los factores de riesgo y protectores son: Factores de riesgo para el cáncer de mama:

- Antecedentes familiares: Historia de cáncer de mama en parientes de primer grado.
- Mutaciones genéticas: Portadoras de BRCA1 y BRCA2.
- Edad: Mayor riesgo a partir de los 40 años.
- Menarca precoz y menopausia tardía: Aumento de la exposición a estrógenos.
- Obesidad: Relacionada con un mayor riesgo de cáncer.
- Consumo de alcohol y tabaco: Incrementan la probabilidad de desarrollar la enfermedad.
- Terapia hormonal sustitutiva: Uso prolongado puede aumentar el riesgo.

Factores protectores contra el cáncer de mama:

- Lactancia materna: Disminuye el riesgo en un 4% por cada 12 meses.
- Embarazo temprano: Primer parto antes de los 30 años ofrece protección.
- Menopausia temprana: Menor exposición a estrógenos a lo largo de la vida.
- Actividad física: Ejercicio regular reduce el riesgo.
- Dieta saludable: Consumo de frutas, verduras y bajo en grasas puede disminuir el riesgo.
- Cirugía bariátrica: Asociada a una reducción del riesgo en mujeres pre y postmenopáusicas.

A continuación tenemos su clasificación molecular.

Tabla 1. Clasificación del cáncer de mama mediante la evaluación inmunohistoquímica.

SUBTIPO MOLECULAR	DEFINICIÓN	INDICADOR	CATEGORÍA
Luminal A	Más frecuente, representa el 50 al 70%	• Receptor de estrógeno. • Receptor progestina Her 2. • Ki 67<20 %	RE + RP + HER 2 - Ki67 <20 %
Luminal B	Constituye el 10 al 20%	• Receptor de Estrógeno • Receptor progesterona HER2 • Ki 67 >20 %	RE + RP+ HER 2 - / + Ki67 >20 %
HER2	Representa el 15 al 25%	• Receptor de estrógeno • Receptor progesterona • HER 2 • Ki67 <20 %	RE- RP- HER 2 + Ki67
Triple negativo	Constituye el 15 a 20%	• Receptor de estrógeno • Receptor progesterona	RE - RP – HER 2 –

		• HER 2 • Ki 67 >20 %	Ki67+ >20 %

Fuente: Li Z, Wei H, Li S, Wu P, Mao X. The Role of Progesterone Receptors in Breast Cancer. Drug Des Devel Ther. 2022;16(January):305–14.

Justificación

En México, la falta de concientización sobre la autoexploración y la consulta médica temprana contribuye a un diagnóstico tardío del cáncer de mama. Existen diversos factores de riesgo que afectan el pronóstico, incluyendo antecedentes familiares (mutaciones en BRCA1 y BRCA2), factores no patológicos (uso de drogas, sedentarismo) y gineco-obstétricos. Algunos factores gineco-obstétricos, como la menopausia y el uso de anticonceptivos hormonales, están relacionados con el desarrollo de cáncer de mama, aunque otros no muestran una relación clara. Este estudio busca aportar información relevante sobre los antecedentes gineco-obstétricos significativos en pacientes mexicanas con cáncer de mama.

Objetivo general

Determinar la relación de los factores gineco obstétricos con los subtipos luminales A y B de las pacientes con cáncer de mama de la cohorte INMEGEN – FUCAM.

objetivos Específicos

- Registrar los variables clínicas de las pacientes con cáncer de mama de la cohorte INMEGEN – FUCAM.
- Identificar la frecuencia de los factores gineco obstétricos de las pacientes con cáncer de mama de la cohorte INMEGEN – FUCAM.
- Clasificar las variables clínicas en función del subtipo de las pacientes con cáncer de mama de la cohorte INMEGEN – FUCAM.
- Determinar la relación de los factores gineco obstétricos con los subtipos más frecuentes en pacientes con cáncer de mama de la cohorte INMEGEN-FUCAM.

METODOLOGÍA

- Diseño del estudio:
- Tipo de investigación: OBSERVACIONAL
- Tipos de diseños: TRANSVERSAL

Características del estudio

a) Por la participación del investigador: ANALÍTICO – DESCRIPTIVO
b) Por temporalidad del estudio: TRANSVERSAL
c) Por la lectura de los datos: RETROLECTIVO
d) Por el análisis de datos: DESCRIPTIVO

RESULTADOS

Características generales de las pacientes mexicanas con cáncer de mama

Se obtuvo una muestra poblacional de 80 expedientes de pacientes con diagnóstico confirmado de cáncer de mama que ingresaron la cohorte del biobanco INMEGEN-FUCAM en el periodo de septiembre de 2022 a mayo de 2024. Al categorizar la edad en grupos de <50 años y >51 años, se observó que el cáncer de mama se presentó con mayor frecuencia en mujeres con edades <50 años (n=54 pacientes). Con respecto al IMC, la mayoría presentó sobrepeso (n=39 pacientes) (Tabla 3).

De acuerdo con el subtipo de cáncer de mama, se observó que el cáncer de mama luminal A fue el más frecuente (n=16, 76.25%), con respecto al cáncer de mama luminal B (n=19, 23.75%), mientras el diagnóstico histopatológico más frecuente fue el carcinoma ductal infiltrante (n=73, 91.25%), seguido del carcinoma lobulillar infiltrante (n=4, 5%) (Tabla 3).

En referencia a los antecedentes heredofamiliares de cáncer, la mayoría de las pacientes no presentó un antecedente heredo familiar de cáncer de mama (72.5%), mientras que el 22.5% mencionó tener familiares con cáncer de mama. Además del cáncer de mama, la mayoría de las pacientes referenció tener familiares con algún otro tipo de cáncer (n=45, 56.25%), mientras que el 43.75% no referenció tener antecedentes familiares con otras neoplásicas (Tabla 3).

Tabla 3. Características clínicas generales de las pacientes mexicanas con cáncer de mama.

Característica	N=80	100%
Edad al diagnóstico		
<50 años	54	67.5%
>51 años	26	32.5%
IMC		
Bajo peso	1	1.25%
Peso normal	12	15%
Sobrepeso	39	48.75%
Obesidad grado I	19	23.75%
Obesidad grado II	7	8.75%
Obesidad grado III	2	2.5%
Subtipo de cáncer de mama (IHQ)		
Luminal A	61	76.25%
Luminal B	19	23.75%
Diagnóstico histopatológico		
Carcinoma ductal infiltrante	73	91.25%
Carcinoma lobulillar infiltrante	4	5%
Carcinoma mucinoso invasor	2	2.5%
Otros subtipos	1	1.25%
Antecedente de cáncer de mama		
Si	18	22.5%
No	58	72.5%
SD	4	5%
Antecedente familiar de varios tipos de cáncer		
Si	45	56.25%
No	35	43.75%

Al categorizar la edad de las pacientes, se observó que el rango de edad más frecuente fue de 43 a 52 años, y el rango menos frecuente fue de 83 a 92 años (Figura 1A). Con respecto a las 18 pacientes que tienen antecedente de cáncer de mama, el 22.22% tenía antecedente familiar de primer grado (madre) y el 11.11% con cáncer de mama en madre y hermanas. Adicionalmente, el 11.11% mencionó tiene tanto antecedente familiar de primer grado (madre y hermana) como de segundo grado (tía). Sin embargo, la mayoría de las pacientes (n=9, 50%) tienen antecedentes familiares de segundo grado (Tía) y solo una paciente desconoce quién de sus familiares presentó cáncer de mama (Figura 1B). Con respecto a la historia familiar de otro tipo de neoplasia, se encontró que después del cáncer de mama, la mayoría de las pacientes tenían familiares con dos tipos distintos de neoplasia como Leucemia/cáncer de estómago, cáncer de ovario/melanoma, entre otros. Además, observamos que el cáncer de estómago tuvo una frecuencia del 8.89%, mayor al cáncer cervicouterino, colon, linfoma, piel, próstata, páncreas y tiroides. También, hubo casos de pacientes que refirieron tener familiares con 3 o más de 3 tipos de cáncer (Figura C).

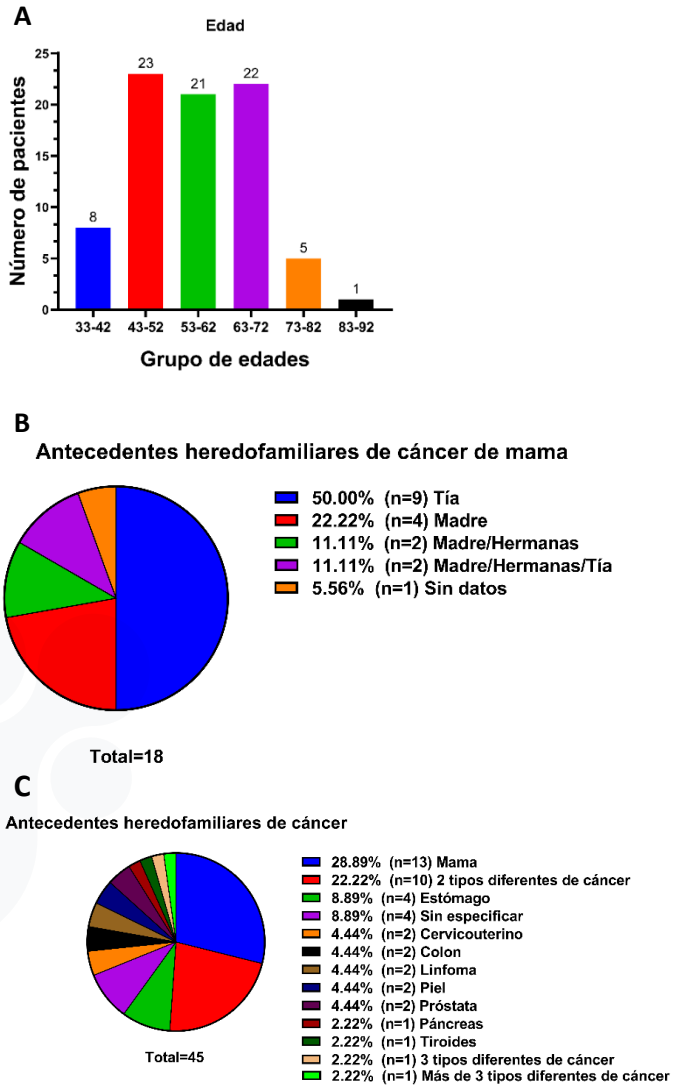


Figura 1. Frecuencias de las características generales y heredofamiliares de las pacientes mexicanas con cáncer de mama. A) Frecuencias de la edad de las pacientes categorizada por rangos. **B)** Frecuencia y porcentaje de las pacientes con antecedente familiar de primer y segundo grado de cáncer de mama. **C)** Frecuencia y porcentaje de los antecedentes de otros tipos de cáncer incluido el cáncer de mama.

Asociación de las características histopatológicas con los tumores luminal A y luminal B de las pacientes mexicanas

Se realizó un análisis de asociación para determinar alguna relación significativa entre las características histopatológicas de los tumores agrupadas con los subtipos luminal A y luminal B. Se observó que ninguna de las características como el antecedente heredofamiliar de cáncer, ni la localización del tumor, ni el grado tumoral, ni el estadio clínico, así como tampoco los nódulos y ni la metástasis se asociaron con los subtipos de luminal A y B (Tabla 4).

Sin embargo, cuando se agruparon las pacientes por subtipo de cáncer de mama, se observó que la mayoría de las pacientes con cáncer de mama luminal A y B presentaron un tumor unilateral (95% y 94.5%, respectivamente) comparado con las pacientes con tumor bilateral (5% y 5.2%, respectivamente). En este sentido, la mama izquierda fue la que presento mayor número de casos en ambos subtipos de cáncer de mama (n=30 y n=13 casos). El grado histológico que se presentó con mayor frecuencia fue el I-II, tanto en el subtipo luminal A (91.8%), como en el subtipo luminal B (89.5%), mientras que el grado III fue menos frecuente en ambos subtipos de cáncer de mama (8.2% y 10.5%). El estadio clínico que se observó con mayor frecuencia fue el II, tanto para el subtipo luminal A como para el luminal B (93.4% y 100%, respectivamente). El 32.8% de las pacientes con cáncer de mama luminal A tuvo presencia de nódulos con metástasis ganglionar, mientras que el 26.3% de las pacientes con cáncer luminal B tuvo presencia de estos nódulos. Sin embargo, la mayoría de las pacientes no presentó nódulos con metástasis ganglionar (luminal A el 67.2%, luminal B el 73.7%). Cabe mencionar que sólo el 5% de las pacientes con cáncer de mama luminal A (n=3) presentaron metástasis en la mama contralateral, el resto de las pacientes luminal y todas las pacientes que tuvieron cáncer de mama luminal B no presentaron metástasis al momento del diagnóstico del cáncer de mama (Tabla 4).

Tabla 4. Asociación entre las características histopatológicas de las pacientes mexicanas con cáncer de mama del subtipo luminal A y luminal B

Característica	Luminal A	Luminal B	X^2	Valor de p
	N=61 (100%)	**N=19 (100%)**		
Antecedente de cáncer de mama*			0.642	0.422
Si	15 (24.5%)	3 (15.8%)		
No	43 (70.5%)	15 (79%)		
SD	3 (5%)	1 (5.2%)		
Antecedente familiar con otros tipos de cáncer*			0.567	0.451
Si	36 (59%)	9 (47.4%)		
No	24 (39.4%)	9 (47.4%)		
SD	1 (1.6%)	1 (5.2%)		
Localización de tumor			0.003	0.951
Unilateral	58 (95%)	18 (94.8%)		
Bilateral	3 (5%)	1 (5.2%)		
Localización de tumor*			2.818	0.093
Izquierda	30 (49%)	13 (68.5%)		
Derecha	28 (46%)	5 (26.3%)		
Ambas mamas	3 (5%)	1 (5.2%)		
Grado tumoral			0.098	0.753
I-II	56 (91.8%)	17 (89.5%)		
III	5 (8.2%)	2 (10.5%)		
Estadio clínico			1.311	0.252
I-II	57 (93.4%)	19 (100%)		
III-IV	4 (6.6%)	0 (0%)		
Nódulos linfáticos			0.282	0.595
Si	20 (32.8%)	5 (26.3%)		
No	41 (67.2%)	14 (73.7%)		
Metástasis			0.970	0.324
Si	3 (5%)	0 (0%)		
No	58 (95%)	19 (100%)		

*Se excluyeron del análisis a los pacientes sin datos (SD) y los tumores bilaterales en la categoría de localización izquierda/derecha.

Frecuencia y relación de las características gineco obstétricas de las pacientes mexicanas con los subtipos luminal A y luminal B

Tanto las pacientes con cáncer luminal A como B tuvieron la menarca a una median de edad de 13 años, sin embargo, la minina de edad fue de 9 años y una máximo de 18 años para el grupo de pacientes luminal

A y para el grupo de luminales B la edad mínima de menarca fue a las 11 y la máxima a los 16 años (Figura 2A). De acuerdo con el inicio de la vida sexual activa, se observó que la mediana de edad fue de 20 años, con una edad mínima de 15 años y una edad máxima de 35 años en las pacientes con cáncer de mama luminal A, mientras que para las pacientes con cáncer de mama luminal B la mediana de edad fue de 19 años, con una edad mínima de 16 años y una edad máxima de 27 años (Figura 2B). Por otro lado, el 55% de las pacientes, tenían antecedente de usar un método de planificación familiar (Figura 2C). El método de planificación familiar más utilizado entre las pacientes fue el DIU con un 34.09% del total de la muestra, seguido de la OTB (13.64%) y las pastillas anticonceptivas (13.64%), incluso también se presentaron casos con el uso de más de dos tipos diferentes de anticonceptivos (Figura 2D).

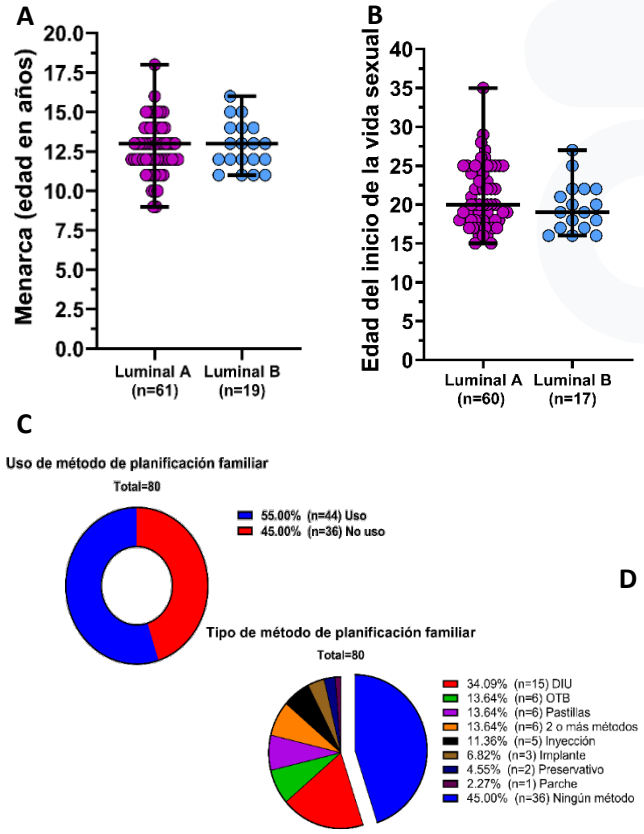
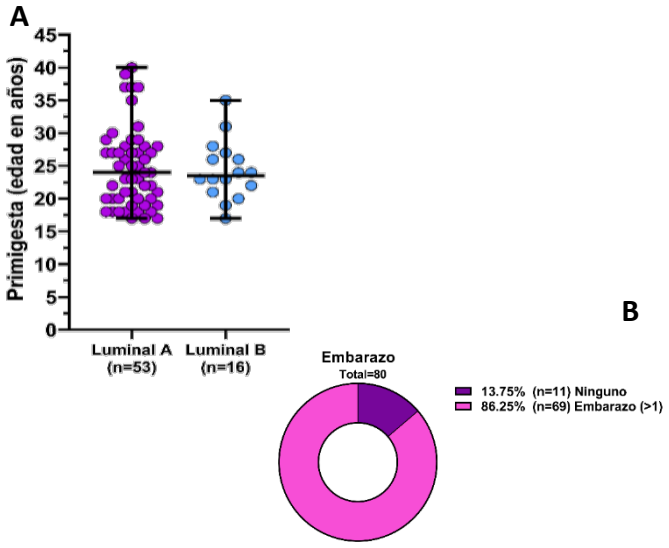


Figura 2. Frecuencia y porcentaje de la menarca y el uso de métodos de planificación familiar. A) Gráfica de puntos de dispersión que representa la mediana y los rangos de la edad de la menarca en las pacientes categorizadas por subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B. **B)** Gráfica de puntos de dispersión que representa que representa la mediana y los rangos de la edad del inicio de la vida sexual en las pacientes categorizadas por subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B. **C)** Frecuencia y porcentaje de todas las pacientes mexicanas con cáncer de mama que no usaron y que usaron algún tipo de método de planificación familiar. **D)** Diferentes tipos de métodos de planificación familiar utilizados por las pacientes con cáncer de mama luminal A y B.

Respecto a la edad de la primera gesta en las pacientes con cáncer de mama luminal A, la mediana fue de 24 años, con una edad mínima de 17 años y una máxima de 40 años, mientras que en las pacientes con cáncer luminal B, la mediana de edad fue de 23 años, una edad mínima de 17 años y una edad máxima de 35 años (Figura 3A). Respecto a las gestas, la mayoría de las pacientes (86.25%) tuvo al menos un embarazo (69/80) (Figura 3B). De estas, la mayoría de los embarazos se resolvieron por parto y por cesárea. Sin embargo, en menor frecuencia se reportaron abortos (Figura 3C). Las pacientes con embarazo a término, el 82.5% tenían en algún momento el antecedente de una lactancia (Figura 3D), de 1 mes a 60 meses con una mediana de 12 meses (1 año) para el caso de las pacientes luminales A, mientras que en el grupo de pacientes con cáncer luminal B, se reportaron casos de lactancia de 1 mes hasta 72 meses con una mediana de 6 meses (Figura 3E).



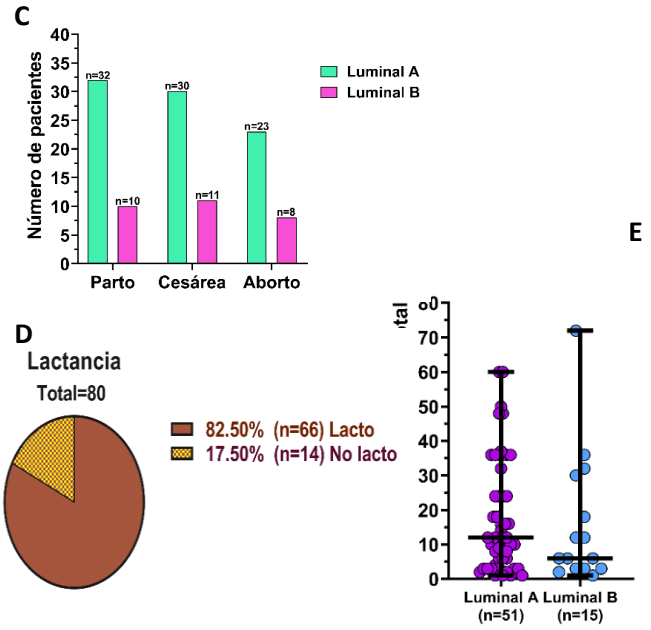


Figura 3. Frecuencia y porcentaje del embarazo y la lactancia de las pacientes mexicanas con cáncer de mama. A) Gráfica de puntos de dispersión que representa la mediana y los rangos de la edad de la primigesta de las pacientes categorizadas por subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B. **B)** Frecuencia y porcentaje de las pacientes mexicanas con cáncer de mama (n=80) que tuvieron o no un embarazo. **C)** Frecuencia de los tipos de resolución del embarazo en las pacientes mexicanas con cáncer de mama que tuvieron al menos un embarazo**. D)** Frecuencia y porcentaje de las pacientes mexicanas con cáncer de mama (n=80) que lactaron y quienes no lactaron**. E)** Gráfica de puntos de dispersión que representa la mediana y los rangos de la lactancia materna en meses de las pacientes categorizadas por el subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B.

Las pacientes que ya presentaban menopausia al momento del diagnóstico (n=59) tuvieron una menopausia fisiológica, la cual fue la más frecuente con el 88.14% de los casos y el 11.86% de las pacientes tuvo menopausia debido a un antecedente quirúrgico (Figura 4A). Cabe mencionar que estás pacientes alcanzaron esta etapa a una mediana de edad de 49 años, una edad mínima de 25 años y una edad máxima de 58 años. En el caso de las pacientes con cáncer de mama luminal B, también la mediana de la edad en la que se presentó la menopausia fue de 49 años, pero con una edad mínima 38 años y una edad máxima de 52 años (Figura 4B).

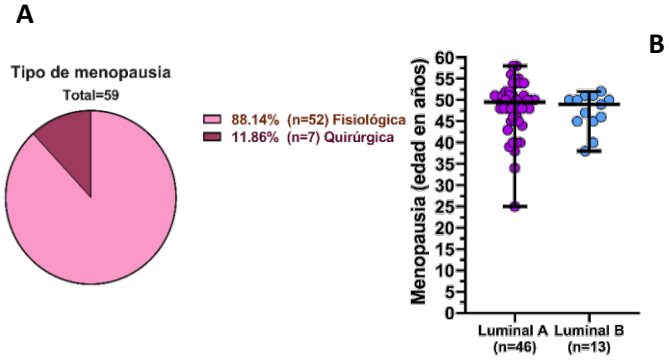


Figura 4. Frecuencia y porcentaje de la menopausia en pacientes mexicanas con cáncer de mama. A). Frecuencia y porcentaje de las pacientes mexicanas con cáncer de mama que presentaron menopausia (n=59), clasificadas por fisiológicas y quirúrgicas. **B)** Gráfica de puntos de dispersión que representa la mediana y los rangos de la lactancia materna en meses de las pacientes categorizadas por el subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B.

Para conocer la relación de los factores gineco obstétricos categorizados con tablas de contingencia con el subtipo luminal A y luminal B, se realizó un análisis de asociación con X^2, y se observó que ninguna de los factores tiene una relación estadísticamente significativa con los subtipos de cáncer de mama ya mencionados (Tabla 5).

Tabla 5. Asociación de los factores gineco obstétricos de las pacientes mexicanas con los subtipos luminal A y luminal B.

Característica	Luminal A N=61 (100%)	Luminal B N=19 (100%)	X^2	Valor de p
Menarca				
Temprana (9-10 años)	5 (8.2%)	0 (0%)	1.662	0.4356
Normal (11-14 años)	47 (77%)	16 (84.2%)		
Tardía (15-18 años)	9 (14.8%)	3 (15.8%)		
Embarazo			0.087	0.767
Si	53 (87%)	16 (84.2%)		
No	8 (13%)	3 (15.8%)		

Multiparidad				
Si	19 (31%)	8 (42.1%)	0.778	0.377
No	42 (69%)	11 (57.9%)		
Partos				
Si	32 (52.5%)	10 (52.6%)	0.0001	0.989
No	29 (47.5%)	9 (47.4%)		
Cesáreas				
Si	30 (49.2%)	11 (57.9%)	0.440	0.507
No	31 (50.8%)	8 (42.1%)		
Abortos				
Si	23 (37.7%)	8 (42.1%)	0.118	0.731
No	38 (62.3%)	11 (57.9%)		
Lactancia				
Si	51 (83.6%)	15 (78.9%)	0.217	0.640
No	10 (16.4%)	4 (21.1%)		
Método de planificación familiar				
Si	37 (60.7%)	7 (36.8%)	3.319	0.068
No	24 (39.3%)	12 (63.2%)		
Tipo de método de planificación familiar*				
Hormonal	17 (27.9%)	4 (21.1%)	0.295	0.586
No hormonal	20 (32.8%)	3 (15.8%)		
Ninguno	24 (39.3%)	12 (63.1%)		
Menopausia				
Si	46 (75.4%)	13 (68.4%)	0.365	0.545
No	15 (24.6%)	6 (31.6%)		
Tipo de menopausia*				
Fisiológica	41 (67.2%)	11 (57.9%)	0.197	0.656
Quirúrgica	5 (8.2%)	2 (10.5%)		
Sin menopausia	15 (24.6%)	6 (31.6%)		

*Se excluyeron del análisis a los pacientes sin datos y los tumores bilaterales en la categoría de localización izquierda/derecha.

Relación de los factores patológicos y no patológicos de las pacientes con cáncer de mama con los subtipos luminal A y luminal B

Se realizó una tabla cruzada para obtener la relación entre los factores patológicos y no patológicos con los subtipos luminal A y B y se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el IMC (sobrepeso y obesidad) y estos subtipos de cáncer de mama (*p=0.045*), así como también una asociación significativa con el sedentarismo de las pacientes (*p=0.036*) (Tabla 6).

Tabla 6. Asociación de los factores no patológicos de las pacientes con cáncer de mama.

Característica	Luminal A N=61	Luminal B N=19	X^2	Valor de p
Estatura				
Baja <1.50 m	13 (21.3%)	6 (31.6%)	0.843	0.358
Promedio a alta >1.51 m	48 (78.7%)	13 (68.4%)		
Índice de masa corporal				
Peso bajo	**1 (1.6%)**	**0 (0%)**		
Peso normal	**12 (19.6%)**	**0 (0%)**		
Sobrepeso	**28 (46%)**	**11 (57.9%)**	**11.310**	**0.045†**
Obesidad I	**14 (23%)**	**5 (26.3%)**		
Obesidad II	**6 (9.8%)**	**1 (5.3%)**		
Obesidad III	**0 (0%)**	**2 (10.5%)**		
Sedentarismo				
Si	**49 (80.3%)**	**19 (100%)**	**4.397**	**0.036†**
No	**12 (19.7%)**	**0 (0%)**		

† Datos estadísticamente significativos. NA: no aplica.

Las pacientes que presentaron una asociación significativa con el IMC y el subtipo de cáncer de mama luminal A al momento del diagnóstico tuvieron una mediana de peso de 67 kg un peso mínimo de 46 kg y un peso máximo de 113 kg. En el caso de las pacientes con cáncer de mama luminal B, se tuvo una mediana de peso de 71 kg, con un peso mínimo de 52 kg y un peso máximo de 112 kg (Figura 5A). De acuerdo con el IMC categorizado por subtipo de cáncer de mama, se observó una mediana de muy muy similar entre los grupos, en el subtipo luminal A fue de 27.6 y el subtipo luminal B fue de 28.6 (Figura 5B).

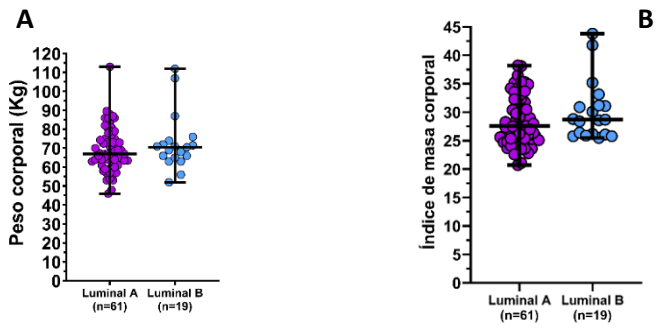


Figura 5. Frecuencia del peso corporal y el IMC en las pacientes con cáncer de mama luminal y luminal B. A). Gráfica de puntos de dispersión que representa la mediana y los rangos del peso corporal en kilogramos (kg) de las pacientes categorizadas por el subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B. **B)** Gráfica de puntos de dispersión que representa la mediana y los rangos del IMC de las pacientes categorizadas por el subtipo de cáncer de mama luminal A y luminal B.

Discusión

El análisis de 80 expedientes de mujeres diagnosticadas con cáncer de mama en el biobanco del Instituto Nacional de Medicina Genómica, entre septiembre de 2022 y mayo de 2024. En esta cohorte, el subtipo más frecuente fue el Luminal A (61 pacientes) seguido del Luminal B (19 pacientes). El carcinoma ductal infiltrante sin patrón específico fue el diagnóstico histopatológico predominante, y la mayoría de las pacientes no tenía antecedentes familiares de cáncer de mama. La edad al diagnóstico fue mayormente menor de 50 años, lo que resalta la necesidad de tamizajes más tempranos, especialmente en mujeres con antecedentes familiares.

No se encontraron asociaciones significativas entre métodos de planificación familiar y el riesgo de cáncer, aunque el 55% había utilizado algún método, siendo el DIU el más común. Respecto a factores gineco-obstétricos, la mediana de menarca fue de 13 años y la menopausia a los 49 años. La mayoría tuvo al menos un embarazo, aunque la lactancia fue inferior a los dos años recomendados por la OMS.

Se identificó una relación significativa entre sobrepeso, obesidad y sedentarismo con los subtipos luminales A y B. La obesidad se asocia a un aumento en los niveles de estrógenos, lo que podría explicar la mayor incidencia del subtipo Luminal A. Además, se sugiere que la lactancia materna podría ser un factor protector contra el cáncer luminal B. Estos hallazgos indican la necesidad de estudios más profundos para establecer relaciones claras entre factores gineco-obstétricos y el cáncer de mama en mujeres mexicanas.

Las limitaciones del estudio relacionadas con el tamaño de la muestra y su carácter unicéntrico, lo que puede restringir la generalización de los resultados. La naturaleza retrospectiva del análisis y la dependencia de datos de expedientes clínicos también pueden introducir sesgos de selección e información, aspectos que deben considerarse al interpretar los hallazgos.

Implicaciones clínicas y futuras investigaciones de los resultados sugieren que el índice de masa corporal (IMC) y otros factores gineco-obstétricos son relevantes para la estratificación del riesgo de cáncer de mama y pueden influir en las estrategias de detección y tratamiento en la población mexicana. Se recomienda que futuras investigaciones se centren en estudios prospectivos con muestras más grandes e incluyan análisis genéticos para entender mejor las interacciones entre factores hereditarios y ambientales en el desarrollo del cáncer de mama. Además, sería beneficioso investigar las vías biológicas que relacionan la obesidad con el subtipo luminal A, lo que podría facilitar nuevas intervenciones preventivas y terapéuticas.

Conclusiones

- La media de edad diagnóstica de cáncer de mama concuerda con resultados para América Latina.
- Los métodos de planificación familiar no están relacionados con la presencia del cáncer de mama.
- Los antecedentes heredofamiliares, no tuvieron asociación con el cáncer de mama.
- El subtipo inmunohistoquímico que se observó con mayor frecuencia en la cohorte fue el luminal A.
- De acuerdo con lo anterior, la población de estudio tiene buen pronóstico.

- El subtipo luminal A tiene relación con el IMC, cuyo resultado P fue menor ($p < 0.005$).

Referencias:

1. INEGI. (2023). *Defunciones por tumores malignos en México* (2021). https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer
2. World Health Organization. (n.d.). *Cáncer*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer
3. De-La Peña, R., & Remolina, Y. (2016). Cáncer. *Gaceta Médica de México, 152*(1), 63–66. https://www.anmm.org.mx/GMM/2016/s1/GMM_152_2016_S1_063-066.pdf
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Estadísticas a propósito del Día Internacional de la Lucha contra el Cáncer de Mama (19 de octubre) *. https://www.breastcancer.org/es/pruebas-deteccion/mamografias/beneficios-riesgos
5. Uhlen, M., Zhang, C., Lee, S., Sjöstedt, E., Fagerberg, L., Bidkhori, G., et al. (2017). A pathology atlas of the human cancer transcriptome. *Science, 357*(6352). https://doi.org/10.1126/science.aan2507
6. Martínez, J., & Socorro, C. (2018). Inmunohistoquímica en el cáncer de mama: herramienta necesaria en la actualidad. *Medisur, 16*(1), 2009–213. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2018000100016
7. Arceo, M. T., López, J. E., Ochoa, A., & Palomera, Z. (2021). Estado actual del cáncer de mama en México: principales tipos y factores de riesgo. *Gaceta Mexicana de Oncología, 20*(3), 101–110. http://www.gamo-smeo.com/frame_eng.php?id=266
8. Palmero, J., Lassard, J., Juárez, L. A., & Medina, C. A. (2021). Cáncer de mama: una visión general. *Acta Médica Grupo Ángeles, 19*(3), 354–360. https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=101727
9. Arroyo, M., Martín, M., & Álvarez, M. (2017). Cáncer de mama. *Medicina, 12*(34), 2011–2023. https://doi.org/10.1016/j.med.2017.05.001
10. Consenso Mexicano sobre diagnóstico y tratamiento del cáncer mamario. (2023). *Consenso Mexicano sobre diagnóstico y tratamiento del cáncer mamario*. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdfArroyo, M., Martín, M., & Álvarez, M. (2017). Cáncer de mama. Medicina, 12(34), 2011–2023. http://dx.doi.org/10.1016/j.med.2017.05.001
11. Garcia, L., Zhang, Y., Nakata, Y., Chan, H. L., & Morey, L. (2021). Epigenetic mechanisms in breast cancer therapy and resistance. Nature Communications, 12(1), 1786. http://dx.doi.org/10.1038/s41467-021-22024-3
12. Arroyo, M., Martín, M., López, J. L., & Molina, R. (2009). Cáncer de mama metastásico. Medicine (Baltimore), 10(24), 1–9. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1283081X22467178
13. López, V. C., Fernández, J. Á., Ozores, P. P., Mosquera, A. C., & López, R. L. (2021). Marcadores moleculares en el cáncer de mama: implicaciones terapéuticas. Medicina - Programa Formación Médica Continúa Acreditado, 13(27), 1543–1545. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304541221000482
14. Allison, K. H. (2017). Molecular testing in breast cancer. In Diagnostic Molecular Pathology (pp. 257–269). Elsevier. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128008867000212
15. Pearson, L. B., & Anthony, C. J. (1978). Risk factors associated with breast cancer. Nurse Practitioner, 3(4), 31–32. http://journals.lww.com/00006205-197807000-00009
16. Mejia, J., Reyna, N., & Reyna, E. (2022). Sobrepeso, obesidad y cáncer de mama. Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela, 82(04), 499–510. https://www.sogvzla.org/wp-content/uploads/2022/10/14.-82-4-R-Sobrepeso-obesidad-y-cancer-de-mama-1.pdf
17. Khodarahmi, S., Harchegani, M.T., Gandomani, S.J., & Tavakol, Z. (2023). Estilo de vida en mujeres con cáncer de mama: un estudio de revisión narrativa. Cultura de los Cuidados, (66), 118–140. http://hdl.handle.net/10045/136412

18. Fernández, J.A., Ozores, P.P., López, V.C., Mosquera, A.C., & López, R.L. (2021). Breast cancer: a comprehensive overview of the disease and its management strategies in the current clinical context.Medicina, 13(27), 1506–1517. https://doi.org/10.1016/j.med.2021.03.002

Periférico Sur Número 4809,
Colonia Arenal Tepepan, Alcaldia Tlalpan, Código Postal 14610, Ciudad de México, México.
Teléfono: +52 (55) 5350-1900
Instituto Nacional de Medicina Genómica
https://www.inmegen.gob.mx/



Expresión del gen ABCA1 en pacientes con cardiopatía coronaria

BADILLO ORTIZ, Almaquio[1-2], PEREA DÍAZ, Valentina[3-4], ALCOCER GAMBA, Marco Antonio[5], GUERRERO MEZA, Fernando Manuel[6-7], HERNÁNDEZ PUGA, Ana Gabriela[6]

[1] *Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería – Campus Aeropuerto. Carretera a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Santiago de Querétaro, Qro.*

[3] *Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Medicina – Clavel 200, Prados de La Capilla, 76176 Santiago de Querétaro, Qro.*

[5] *Instituto de Corazón del Hospital H+ de Querétaro.*

[6] *Universidad Autónoma de Querétaro, Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina – Campus Aeropuerto. Carretera a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Santiago de Querétaro, Qro.*

[2] *Email: maquiobo@gmail.com*

[4] *Email: pereadiazv@gmail.com*

[7] *Email: dr.fernandoguerrero421@gmail.com*

Resumen

Las defunciones por enfermedades cardiovasculares se han posicionado en los primeros lugares de nuestro país como causa de muerte. El infarto al miocardio provoca la pérdida de una parte del corazón, obstruyendo el flujo sanguíneo, esto es provocado principalmente por placas de ateroma. Se ha estudiado la función del gen ABCA1 como un mecanismo fisiológico para recuperar la homeostasis lipídica; sin embargo, su presencia en niveles altos es relacionada con el desarrollo de cardiopatía coronaria, por ello, su estudio puede ayudar a comprender su fisiopatología. El enfoque de este proyecto es estudiar el gen ABCA1 como posible biomarcador de daño coronario, buscando conocer su relación con la estenosis en la arteria coronaria y el riesgo de muerte coronario en pacientes mexicanos adultos con cardiopatía coronaria. Se realizó el análisis de la expresión génica de ABCA1 mediante RT-qPCR con el tejido sanguíneo de pacientes con cardiopatía coronaria divididos en lesiones obstructivas y no obstructivas. Se obtuvo el porcentaje de estenosis en los pacientes con obstrucción coronaria junto con el puntaje que indica la escala de riesgo de muerte coronaria. Se observó una relación directamente proporcional entre pacientes con mayor porcentaje de estenosis, así como en aquellos con un puntaje alto de riesgo de muerte coronaria y una mayor síntesis del ARNm de ABCA1, reafirmando la tendencia de este transportador de colesterol en macrófagos a generar una respuesta fisiológica en el organismo para combatir la formación aterosclerótica.

Palabras clave: ABCA1, aterosclerosis, cardiopatía coronaria, enfermedades cardiovasculares, riesgo de muerte coronaria.

Summary

Deaths from cardiovascular diseases have positioned in the first places in our country as a cause of death. Myocardial infarction causes the loss of a part of the heart, obstructing blood flow, this is mainly caused by atheromatous plaques. The function of the ABCA1 gene has been studied as a physiological mechanism to recover lipid homeostasis; however, its presence at high levels is related to the development of coronary heart disease, therefore, its study can help to understand its pathophysiology. The focus of this project is to study the ABCA1 gene as a possible biomarker of coronary damage, seeking to understand its relationship with coronary artery stenosis and the risk of coronary death in adult Mexican patients with coronary heart disease. Gene expression analysis of ABCA1 was performed by RT-qPCR with blood tissue from patients with coronary heart disease divided into obstructive and non-obstructive lesions. The percentage of stenosis in patients with coronary obstruction was obtained together with the score indicating the coronary death risk scale. A directly proportional relationship was observed between patients with a higher percentage of stenosis, as well as in those with a high coronary death risk score and a higher synthesis of the mRNA of ABCA1,

reaffirming the tendency of this cholesterol transporter in macrophages to generate a physiological response in the body to combat atherosclerotic formation.

Keywords: ABCA1, atherosclerosis, coronary heart disease, cardiovascular disease, coronary death risk.

Introducción

En 2021, en México, se registró la defunción de 220 mil personas por enfermedades cardiovasculares (S. de Salud, 2023). El 80% de estos casos se debieron a cardiopatías isquémicas o enfermedades coronarias (HGM, 2023), los cuales son prevenibles si se controlan los factores de riesgo. La isquemia coronaria es la situación en la que el tejido cardiaco se queda sin un suministro de oxígeno y con la incapacidad de eliminar metabolitos de desecho. El corazón es uno de los órganos con mayor demanda metabólica, la cual está acoplada con la disponibilidad de flujo sanguíneo coronario el cual es manejado por las arterias coronarias izquierda y derecha. El riesgo de muerte coronaria se evalúa identificando el daño en arterias y sus segmentos, la cual es medida con las siguientes características:

- Número de segmentos dañados.
- Algún segmento proximal a la lesión tiene un diámetro menor a 2mm en el 75% de longitud por aterosclerosis.
- Tortuosidad arterial: La arteria presenta una o más curvas de 90° o más, o tres o más curvas de 45° a 90° proximales al segmento enfermo.
- Oclusión por placa ateromatosa.
- Presencia de trombos.

La aterosclerosis es un trastorno progresivo de las arterias medianas a grandes de la circulación sistémica, incluyendo las coronarias. Las lesiones ateroscleróticas estenóticas restringen de oxígeno a las regiones de las cuales se encarga de irrigar la arteria lesionada. Se ha demostrado que la dislipidemia es uno de los factores principales para el desarrollo de aterosclerosis (Fazio, 2023). La alta concentración plasmática de LDL (lipoproteínas de baja densidad) puede llegar a dar como resultado la infiltración de estos en la región subendotelial. Ya infiltradas, estas lipoproteínas se oxidan y debido este cambio, el sistema inmunológico no las reconoce, por lo que indica la activación de la respuesta inmune innata, principalmente macrófagos. Éstos reconocen a las LDL oxidadas (oxLDL) y junto con los receptores tipo Toll estimulan la inflamación e inician la aterogénesis. Los macrófagos que ya fagocitaron oxLDL, se les conoce como células espumosas. Las oxLDL provocan una inflamación en el espacio subendotelial inducida por la liberación de citocinas lo cual va a provocar la síntesis de colágeno y esto va a atraer a células musculares, las cuales de igual forma absorberán oxLDL. De este modo se va provocando la formación de la placa de ateroma. Su crecimiento concéntrico progresivo, puede llegar a dar esta oclusión (Mitrovic, 2015). El mecanismo que el cuerpo tiene para evitar esta patología depende del metabolismo del colesterol. El transporte inverso del colesterol (RTC) es la vía por la cual el exceso del colesterol de los tejidos periféricos es dirigido al hígado para que este lo excrete por la bilis. Uno de los pasos primordiales para este proceso es el eflujo activo de colesterol por los macrófagos a las HDL (lipoproteínas de alta densidad). Los macrófagos, en su membrana poseen transportadores de colesterol, ATP-binding-cassette A1 que se ha sito altamente comprometida como intermediaria del eflujo del colesterol hacia las HDL. Esta proteína es resultado de la traducción del gen ABCA1 (Mieke, 2016).

Uno de los métodos para evaluar el riesgo coronario, la integridad anatómica y la elección del método terapéutico es el score de SYNTAX (Farooq et al.,2013). La calculadora de riesgo de muerte coronario utilizada en este trabajo se encuentra disponible para todo el público en https://syntaxscore.org/, para evaluar el daño en las arterias con dicha calculadora se sigue el esquema de la Figura 1.

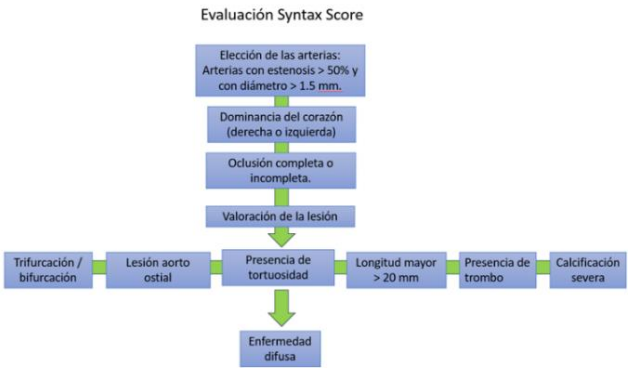


Figura 1. Diagrama de flujo para la evaluación SYNTAX Score

La evaluación es realizada por un experto en análisis de imagen. A cada lesión valorada se le asigna un puntaje diferente acorde a la complejidad y compromiso a la enfermedad coronaria, el puntaje final permite clasificar a los participantes en tres tipos de riesgo: bajo, intermedio y elevado.

Cualquier lesión en las arterias coronarias con un diámetro de estenosis mayor o igual al 50% en vasos con un diámetro mayor o igual a 1.5 mm debe puntuarse. Cada lesión puede afectar uno o más segmentos. Si las estenosis seriadas están separadas por menos de 3 diámetros de referencia de vasos, deben puntuarse como una lesión. Por el contrario, las estenosis que están a una distancia mayor entre sí se consideran distintas lesiones. Para evaluar el daño coronario debemos conocer los dominios y sus segmentos.

Hasta el día de hoy no hay un método de diagnóstico para las cardiopatías coronarias sin que antes haya la manifestación activa de un síndrome coronario: angina de pecho. Ya que las arterias coronarias pueden tener una reducción menor a 50% y son consideradas como enfermedad cardiaca no obstructiva, y todavía no manifiestan síntomas. Mientras que al superar el 50% de estenosis se les considera enfermedad cardiaca obstructiva, por lo que la identificación del papel de ABCA1, y su papel clave para el metabolismo lipídico en el RTC y además la correlación de este con el daño cardiovascular en fases previas al infarto agudo al corazón, pueda llegar a tener la función de biomarcador, para ese diagnóstico preclínico.

Este proyecto es resultado de una investigación que se dedica a conocer la relación del riesgo coronario con los disruptores endocrinos y la propuesta de biomarcadores para solucionar la problemática antes mencionada.

Nuestro proyecto propone determinar la relación entre los niveles de expresión del gen ABCA1, la estenosis de la arteria coronaria y el riesgo de muerte cardiaca en pacientes mexicanos con cardiopatía coronaria al realizar las siguientes acciones:

- Evaluar la expresión del gen ABCA1 en pacientes con cardiopatía coronaria.
- Observar la relación entre los biomarcadores de riesgo de muerte cardiaca con las predicciones de mortalidad realizadas a través de la prueba SYNTAX Score.
- Relacionar la expresión de ABCA1 con biomarcadores de riesgo de muerte cardiaca.
- Valorar el porcentaje de estenosis en la arteria coronaria de los pacientes con cardiopatía coronaria.
- Analizar la posible correlación entre los niveles de expresión génica de ABCA1 y el porcentaje de estenosis de los pacientes.

Metodología

1. *Obtención de muestras*

Se obtuvieron muestras de pacientes mexicanos adultos en rangos de edad de los 40 a 80 años del área de hemodinamia del Instituto del Corazón de Querétaro y diagnosticados con cardiopatía coronaria aguda y crónica. Las 14 muestras utilizadas en el presente trabajo fueron recolectadas para la tesis del M. D. Fernando Guerrero Meza, para obtener su grado como “Doctor en Ciencias en Biomedicina”. La recolección de las muestras fue aprobada por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Querétaro y por el Comité de Ética del Hospital H+.

Tabla 1. Datos clínicos.

Variables	Media ± DS
Edad	63 ± 11
Masculino	78 (87.6%)
Femenino	11 (12.3%)
Talla	1.7 ± 0.9 m
Peso	80 ± 15 kg
IMC	24.6 ± 4.9 kg/m^2
Hombres	26.2 kg/m^2
Mujeres	21.79 kg/m^2
Rango de IMC	Frecuencia

2. Extracción de ácido ribonucleico (ARN).

La extracción de ARN se llevó a cabo con el paquete globular por medio del método de fenol cloroformo con Trizol$^{TM.}$ (Invitrogen) de acuerdo con las especificaciones del proveedor.

3. Síntesis de ADN complementario (ADNc).

Se precipitó ARN al agregar alcohol isopropílico frío y se desechó el sobrenadante. Posteriormente se realizó un segundo enjuague con etanol al 75% frío y se desecha el sobrenadante, finalmente el ARN es suspendido en agua libre de ribonucleasas para preservar su integridad.

El ARN se normalizó para llevar las muestras a una concentración de 100 ng/μL mediante PCR en tiempo real (RT-PCR) usando el Script cDNA Synthesis Kit de Jenna Bioscience, de esta manera la enzima transcriptasa inversa sintetiza el ADNc y con ayuda de Oligo dT para flanquear el ARNm.

Tabla 2. Descripción del proceso de síntesis de ADNc con el kit Script cDNA de dos reacciones.

Reacción	Reactivo	1x	Volumen	Protocolo PCR
1	Agua ARN Oligo dT	2.6 1.9 0.5	5 μL	65°C a 70°C / 5 min. Posteriormente colocar en hielo.
2	Agua dNTP Buffer Inhibidor Retro-transcriptasa	2 2 0.5 0.25 0.25	5 μL	42°C / 10 min; 50°C / 60 min y 70°C / 10 min. Posteriormente guardar a -20°C.

4. Diseño de la técnica qPCR.

La expresión de la ABCA1 se evaluó utilizando la técnica qPCR. Se empleó el kit SYBR® Green PCR Master Mix (Applied Biosystems) y el equipo Applied Biosystems StepOne$^{TM.}$ Real-Time PCR System (Applied Biosystems). Los oligonucleótidos específicos del gen ABCA1 fueron diseñados con el programa OligoAnalyzer$^{TM.}$ Tool.

Tabla 3. Secuencias de los primers diseñados.

Gen	Primer	Secuencia (5'→3')	Protocolo PCR
ABCA1	FWD	ATTGCGAGCGAGAGTGAGTG	95°C / 10 min; 95°C / 15 s; 60°C / 40 s y 72°C / 10 s durante 40 ciclos.
	REV	AAAACAAGGAGCAAAGCGCC	
RPL32	FWD	AAGGGCCAGATCTTGATGCC	95°C / 10 min; 95°C / 15 s; 64°C / 40 s y 72°C / 10 s durante 35 ciclos.
	REV	GCATTGGGGTTGGTGACTCT	

5. Análisis estadístico

Para determinar la expresión relativa del gen ABCA1, se obtiene el valor del CT (ciclo de inicio de la fase exponencial), considerando que la cantidad inicial de moléculas del gen de interés en la muestra es inversamente proporcional a la intensidad de fluorescencia, el valor del CT se analizó mediante el

método $2^{-\Delta\Delta CT}$ (ciclo de corte). Los datos se normalizaron con las siguientes ecuaciones (1, 2 y 3):

1. $\Delta CT = CT_{\text{promedio del gen de interés}} - CT_{\text{promedio del gen de referencia}}$
2. $\Delta\Delta CT = CT_{\text{promedio del gen calibrador}} - CT_{\text{promedio del gen de interés}}$
3. Expresión génica relativa = $2^{-\Delta\Delta CT}$

6. Realización de la Angiografía Coronaria Cuantitativa (QCA)

Se llevó a cabo una QCA a los pacientes captados para identificar la presencia de lesiones obstructivas en las arterias coronarias (Figura 5). La información fue obtenida y recolectada en forma de video y analizada por el software SyncVision® (Koninklijke Philips N.V.).

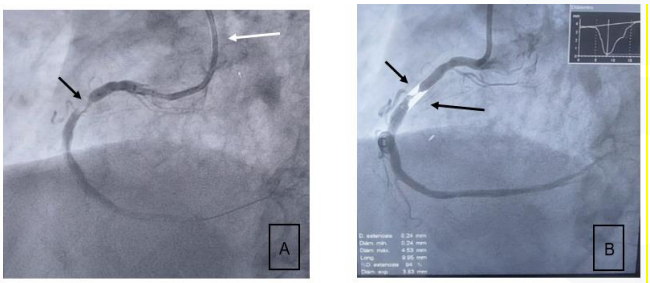


Figura 2. Imagen obtenida de SyncVision®.

Las imágenes con lesiones son aquellas en las que había una pérdida en la continuidad del líquido de contraste (iopromida). Se calibró el equipo con la conversión de píxeles a milímetros, utilizando como base el catéter guía. La medición de la extensión de la lesión se realizó al identificar la longitud del calibre normal de la arteria, antes y después de la lesión. Permitiendo así el análisis del porcentaje de estenosis, porcentaje de la luz y la extensión de la placa. Se dividió la obtención de datos del QCA en pacientes con enfermedad coronaria obstructiva (estenosis mayor a 50%) y no obstructiva (estenosis menor a 50%). El análisis estadístico de la información se realizó mediante la clasificación de la escala de CAD-RADS.

Resultados

Para evaluar el riesgo coronario de la población estudiada se realizó una desviación estándar con datos bioquímicos de los participantes. Los datos muestran que los niveles de cHDL están por debajo de lo esperado, indicando un desorden metabólico de lipoproteínas (dislipidemia). Por el contrario, los niveles de triglicéridos y glucosa son elevados. Cabe resaltar que los niveles de colesterol y colesterol de baja densidad (cLDL) son normales, esto puede deberse al uso de medicamentos hipolipemiantes.

Tabla 4. Datos bioquímicos de los participantes del estudio.

Variable	Media ± DS (mg/dL)	Valor de referencia (mg/dL)
Colesterol total.	165.1 ± 59.7	< 200
Colesterol	146.4 ± 59	< 130
cHDL	37.1 ± 10.1	40 – 50
cLDL	120.06 ± 46.3	100 – 129
Triglicéridos	158.3 ± 82.7	< 150
Glucosa	118.97 ± 46.3	70 – 100

Adicionalmente se midió la frecuencia de factores de morbilidad de los pacientes, encontrando como principal factor de riesgo la hipertensión y dislipidemia.

Tabla 5. Comorbilidades asociadas en la población de estudio.

Variable	Frecuencia (%)
Tabaquismo	39 (48.7%)
Hipertensión	44 (51.2%)
Diabetes	35 (34.1%)
Dislipidemia	49 (58.5%)
Más de una comorbilidad	73 (82%)

Filtrado glomerular	70 ± 20 mL/min/m^2

Posteriormente, se realizó el score SYNTAX para identificar las arterias dañadas. Se relacionaron las variables de riesgo cardiovascular (de acuerdo con el score SYNTAX) con el nivel de riesgo cardiovascular. Con ello, se encontró que las variables biomoleculares que tienen una correlación positiva con el daño vascular son el colesterol total, colesterol, cLDL y los triglicéridos, por su parte, el cHDL no tuvo relación acorde a la escala SYNTAX.

Tabla 6. Correlación entre las variables clínicas, bioquímicas, daño cardiovascular y variables biomoleculares.

Variables	**Score SYNTAX**	
	ρ	Valor de ρ
Talla	0.119	0.4559
Peso	0.065	0.6848
IMC	0.021	0.8954
Colesterol total	0.2237	0.034*
Colesterol	0.3947	0.0001***
cHDL	-0.4744	< 0.0001****
cLDL	0.2151	0.041*
Triglicéridos	0.112	0.489
Glucosa	0.125	0.433
Filtrado glomerular	0.163	0.287

*ρ < 0.05; ***ρ = 0.0001 …; *****p < 0.0001.

El puntaje final de la prueba SYNTAX realizada clasificó a la mayoría de los pacientes con riesgo bajo.

Tabla 7. Clasificación de pacientes en categorías del score SYNTAX.

Score SYNTAX	
Bajo	51
Intermedio	18
Alto	11

La siguiente figura muestra los valores y dispersión de variables bioquímicas referente al puntaje en la escala SYNTAX. Los valores lejanos a la línea de tendencia corresponden a pacientes con niveles de colesterol total y cLDL que no son propios del riesgo cardiovascular debido a que llevan un tratamiento farmacológico, no obstante, no disminuye el riesgo cardiovascular (pacientes estables, pero con daño vascular).

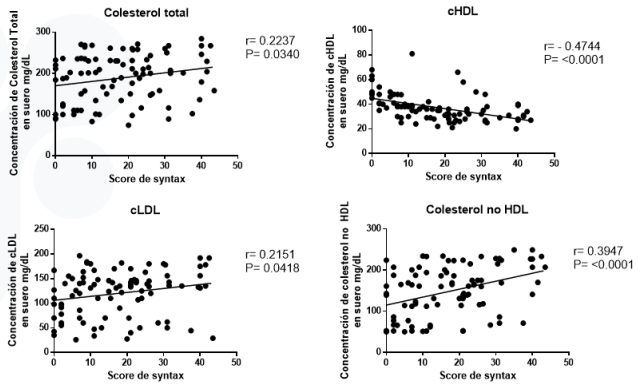


Figura 3. Relación de las variables de riesgo cardiovascular con el score SYNTAX. Los datos corresponden al universo (89 personas) y fueron analizados mediante el análisis de correlación simple de Pearson ($p < 0.05$; n=89).

En la Figura 7 se muestra una R de 0.301 con una tendencia positiva a una relación directamente proporcional entre la expresión de ARNm de ABCA1 y el porcentaje de estenosis en la lesión de los pacientes. Encontrando los niveles más altos de expresión del gen en los pacientes con porcentajes de estenosis del 100%, de igual manera, niveles menores de ABCA1 corresponden a porcentajes de estenosis más bajos.

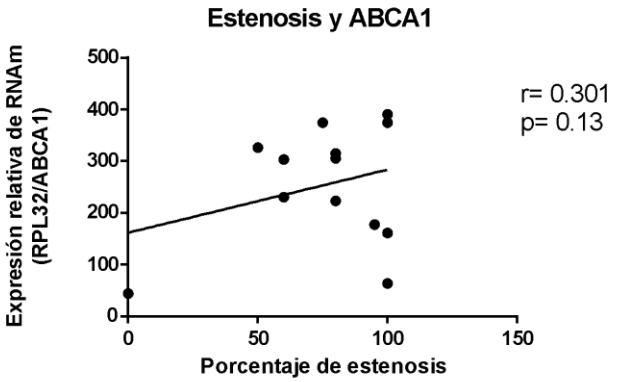


Figura 4. Fuerza de comparación del porcentaje de estenosis del paciente con la transcripción de ABCA1.

Finalmente, la cuantificación de ARNm mediante RT-qPCR de pacientes con cardiopatía coronaria muestra una gran diferencia en la expresión de ABCA1 si los comparamos con pacientes sin enfermedad coronaria. Se utilizó como referencia la expresión de RPL32 como gen constitutivo en las muestras de los pacientes.

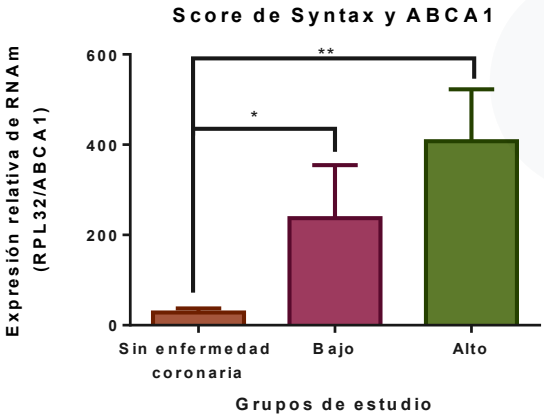


Figura 5. Comparación de la expresión de ABCA1 en pacientes sin la enfermedad coronaria, con bajo riesgo y alto riesgo.

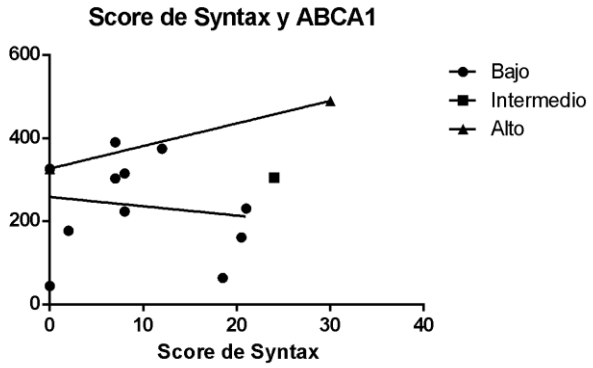


Figura 6. Dispersión del puntaje SYNTAX y la clasificación de riesgo.

Nuestros resultados concuerdan con los hallazgos de otras investigaciones en las que se estudia anomalías en la expresión del gen ABCA1, como: 1) mala homeostasis del colesterol, 2) aumento en la producción de HDL, 3) desembocar en distintas patologías, 4) afectos o daños en otros mecanismos del organismo, 5) daño arterial y 6) prevención de enfermedades cardiovasculares (Wang et al., 2022; Westerterp et al., 2013; Ye et al., 2011).

Discusión y conclusiones

La ABCA1 es una proteína que participa en el metabolismo de las grasas. Su presencia dentro de la enfermedad coronaria es de gran importancia debido a su participación en la homeostasis del colesterol mediante el transporte inverso del mismo, por su relación directa en la síntesis de HDL y, por ende, en el intercambio del colesterol entre el macrófago y la HDL. Un apropiado funcionamiento de la ABCA1 contribuye a la prevención de enfermedades cardiovasculares, entre ellas, la cardiopatía coronaria, la cual también puede ocasionar otros padecimientos con alto riesgo de muerte cardiaca. El análisis de la expresión génica en los grupos con riesgo de muerte coronaria puede contribuir a su entendimiento en la valoración clínica para brindar diagnóstico temprano y tratamiento oportuno a la enfermedad coronaria, previniendo el infarto, reduciendo el riesgo de muerte y mejorando la calidad de vida de las personas.

Además, conocer la expresión de ABCA1 en pacientes permitió relacionar sus niveles con el grado de estenosis en pacientes con cardiopatía coronaria

obstructiva (>50% de estenosis) y no obstructiva (<50% de estenosis). Reafirmando así, que existe una alta tasa de expresión de ABCA1 en procesos inflamatorios ateroscleróticos avanzados (obstructivos), así como una tasa de transcripción moderada en procesos inflamatorios no obstructivos, pero con lesión aterosclerótica. Mostrando una relación directa entre el grado de obstrucción por una lesión aterosclerótica y la expresión de ABCA1. Permitiéndonos deducir que la expresión génica de ABCA1 es la respuesta fisiológica a la pérdida de homeostasis lipídica. El análisis con QCA pudo valorar el porcentaje de estenosis en las arterias coronarias de pacientes con cardiopatías coronarias para clasificar el daño en los pacientes.

Agradecimientos

Agradezco a la Dra. Ana Gabriela Hernández Puga por aceptarme en su equipo de investigación; al M. D. Fernando Manuel Guerrero Meza por su asesoramiento; al Dr. Marco Antonio Alcocer Gamba por su apoyo durante la asistencia al área de hemodinamia del Hospital H+; a Andrea y a la IBT. Luz Cecilia Galván Soto por su acompañamiento.

Referencias

Arvanitis, M., & Lowenstein, C. J. (2023). Dyslipidemia. *Annals Of Internal Medicine*, 176(6), ITC81-ITC96. https://doi.org/10.7326/aitc202306200

Farooq, V., Head, S. J., Kappetein, A. P., & Serruys, P. W. (2013). Widening clinical applications of the SYNTAX Score. *Heart*, 100(4), 276-287. https://doi.org/10.1136/heartjnl-2013-304273

Hardy, L., Frisdal, E., & Goff, W. L. (2017). Critical Role of the Human ATP-Binding Cassette G1 Transporter in Cardiometabolic Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(9), 1892. https://doi.org/10.3390/ijms18091892

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *INEGI*. https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=8771

Kannel, W. B., Cupples, L., & D'Agostino, R. B. (1987). Sudden death risk in overt coronary heart disease: The Framingham Study. *American Heart Journal*, 113(3), 799-804. https://doi.org/10.1016/0002-8703(87)90722-8

Mansouri, E., Esmaeili, F., Montaseri, M., Emami, M. A., Koochakkhani, S., Khayatian, M., Zarei, H., Turki, H., & Eftekhar, E. (2022). Association of methylation status of ABCA1/G1 genes with the risk of coronary artery disease. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 23(1). https://doi.org/10.1186/s43042-022-00381-y

Matsuo, M. (2022). ABCA1 and ABCG1 as potential therapeutic targets for the prevention of atherosclerosis. *Journal Of Pharmacological Sciences*, 148(2), 197-203. https://doi.org/10.1016/j.jphs.2021.11.005

Montaño-Samaniego, M., Avendaño-Portugal, C., & Ibáñez-Hernández, M. (2024). Interruptores moleculares: Orquestando la expresión génica mediante promotores. Uso potencial en tratamientos con genes terapéuticos. *iBIO*. Vol. 6, No. 2. e-ISSN 2954-4890.

Moreu-Burgos, J., & Macaya-Miguel, C. (2007). Fisiopatología del miocardio isquémico. Importancia de la frecuencia cardiaca. *Revista Española de Cardiología Suplementos*, 7(4), 19D-25D. https://doi.org/10.1016/s1131-3587(07)75772-2

Poulter, N. (1999). Coronary heart disease is a multifactorial disease. *American Journal of Hypertension*, 12(4), 92-95. https://doi.org/10.1016/s0895-7061(99)00163-6

Secretaría de Salud. (s. f.). Cada año, 220 mil personas fallecen debido a enfermedades del corazón. *Gobierno de México*. https://www.gob.mx/salud/prensa/490-cada-ano-220-mil-personas-fallecen-debido-a-enfermedades-del-corazon

Tall, A. R., Yvan-Charvet, L., Terasaka, N., Pagler, T., & Wang, N. (2008). HDL, ABC Transporters, and Cholesterol Efflux: Implications for the Treatment of Atherosclerosis. *Cell Metabolism*, 7(5), 365-375. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2008.03.001

Westerterp, M., Murphy, A. J., Wang, M., Pagler, T. A., Vengrenyuk, Y., Kappus, M. S., Gorman, D. J., Nagareddy, P. R., Zhu, X., Abramowicz, S., Parks, J. S., Welch, C., Fisher, E. A., Wang, N., Yvan-Charvet, L., & Tall, A. R. (2013). Deficiency of ATP-Binding Cassette Transporters A1 and G1 in Macrophages Increases Inflammation and Accelerates Atherosclerosis in Mice. Circulation Research, 112(11), 1456-1465. https://doi.org/10.1161/circresaha.113.301086

Ye, D., Lammers, B., Zhao, Y., Meurs, I., Van Berkel, T. J., & Van Eck, M. (2011). ATP-Binding Cassette Transporters A1 and G1, HDL Metabolism, Cholesterol Efflux, and Inflammation: Important Targets for the Treatment of Atherosclerosis. Current Drug Targets, 12(5), 647-660. https://doi.org/10.2174/138945011795378522

Wang, J., Xiao, Q., Wang, L., Wang, Y., Wang, D., & Ding, H. (2022). Role of ABCA1 in Cardiovascular Disease. Journal Of Personalized Medicine, 12(6), 1010. https://doi.org/10.3390/jpm12061010

Louwe, M. C., Lammers, B., Frias, M. A., Foks, A. C., De Leeuw, L. R., Hildebrand, R. B., Kuiper, J., Smit, J. W., Van Berkel, T. J., James,

R. W., Geerling, J. J., Rensen, P. C., & Van Eck, M. (2016). Abca1 deficiency protects the heart against myocardial infarction-induced injury. Atherosclerosis, 251, 159-163. https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.06.023

Mitrovic, I. (2015). Trastornos cardiovasculares: enfermedad vascular. Access Medicine, 329-354. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7767031

Fazio P, & Sirna S (2023). Trastornos de los lípidos. Crawford M.H.(Ed.), Diagnóstico y tratamiento en cardiología, 6e. McGraw Hill Education. https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3345&sectionid=278036488

Secretaría de Salud. Hasta 80% de decesos por enfermedades cardiovasculares son prevenibles: Hospital General de México. Gobierno de México. https://www.gob.mx/salud/prensa/319-hasta-80-de-decesos-por-enfermedades-cardiovasculares-son-prevenibles-hospital-general-de-mexico?idiom=es.

Haft J.W., & Doherty G.M. (2021). Cardiopatía adquirida. Doherty G.M.(Ed.), Diagnóstico y tratamiento quirúrgicos, 15e. McGraw Hill. https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3076&sectionid=259191110

TRH como modulador del metabolismo glucémico en pez cebra

M.S.C. David Salvador Díaz Ortegón [1, 2]

Dr. C. Santiago M. Pech-Pool [2]

Dra. C. Aurora María Olvera Vidal [2]

Dra. C. Aurea Orozco Rivas [2, 3]

Dra. C. M. Carlota García Gutiérrez [1*]

Dr. C. Iván Lazcano Sánchez [2*]

[1]Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) campus Aeropuerto, Querétaro, México.
[2]Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) campus Juriquilla, Querétaro, México.
[3]Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Querétaro, México.
*** Autor de correspondencia.**

Resumen

El metabolismo de la glucosa es esencial para mantener la homeostasis energética en los vertebrados, regulado principalmente por hormonas como la insulina y el glucagón. No obstante, la hormona liberadora de Tirotropina (TRH) también podría influir directamente en el metabolismo energético. A través de su receptor (TRH-R), la TRH podría afectar órganos clave como el hígado y el músculo, y promover la síntesis y secreción de insulina en el páncreas. Este estudio busca evaluar el rol de la TRH en el metabolismo de la glucosa en el pez cebra (*Danio rerio*). Se analizó la expresión de los genes de insulina, glucagón, receptor de insulina y TRH en el tejido pancreático, junto con la expresión de los receptores TRH-R1a y TRH-R1b en tejidos clave para la regulación de la glucosa, incluidos el páncreas, hígado, músculo y cerebro. Finalmente, mediante un modelo de hiperglucemia inducida, se evaluó el efecto de la TRH sobre los niveles de glucemia.

Los resultados revelaron que el receptor TRH-R1a se expresa en páncreas, hígado y el cerebro, mientras que TRH-R1b no fue detectado en los tejidos periféricos. La administración de TRH en peces hiperglucémicos redujo significativamente los niveles de glucosa sérica, sugiriendo un posible efecto hipoglucemiante mediado por el páncreas y el hígado. Este estudio resalta el papel emergente de la TRH en la regulación del metabolismo de la glucosa y su potencial uso terapéutico en enfermedades metabólicas como la Diabetes Mellitus.

Abstract.

Glucose metabolism is essential for maintaining energy homeostasis in vertebrates, primarily regulated by hormones such as insulin and glucagon. However, Thyrotropin-Releasing Hormone (TRH) has also been suggested to play a direct role in energy metabolism. Through its receptor (TRH-R), TRH may influence key organs such as the liver and muscle, but also promote the synthesis and secretion of insulin in the pancreas, indicating a potential role in glucose regulation. This study aimed to evaluate the role of TRH in glucose metabolism in zebrafish (*Danio rerio*). We analyzed the expression of insulin, glucagon, insulin receptor, and TRH genes in pancreatic tissue, along with the expression of TRH-R1a and TRH-R1b receptors in key tissues involved in glucose regulation, including the pancreas, liver, muscle, and brain. Finaly, using a model of induced hyperglycemia, we evaluated the effect of TRH on glucose levels.

The results showed that TRH-R1a is expressed in the pancreas and liver and the brain, whereas TRH-R1b was not detected in peripheral tissues. The administration of TRH in hyperglycemic zebrafish significantly reduced glucose levels, suggesting a possible hypoglycemic effect mediated by the

pancreas and liver. This study highlights the emerging role of TRH in the regulation of glucose metabolism and its potential therapeutic use in metabolic disorders such as Diabetes Mellitus.

Palabras clave: TRH, TRH-R, metabolismo glicémico, pez cebra.

Keywords: TRH, TRH-R, glycemic metabolism, zebrafish.

Introducción

El metabolismo de la glucosa es un proceso esencial que mantiene la homeostasis energética en los vertebrados. La regulación de este proceso involucra una compleja interacción entre hormonas pancreáticas, como la insulina y el glucagón, y otras hormonas que modulan la sensibilidad y el procesamiento de la glucosa en diversos tejidos como el hígado y el musculo (Park et al., 2021).
Entre las hormonas regulatorias, la hormona liberadora de Tirotropina (TRH) ha sido tradicionalmente estudiada en el contexto del eje hipotálamo-hipófisis-tiroides, donde regula la liberación de tirotropina (TSH), y, en consecuencia, la producción de hormonas tiroideas (Fröhlich & Wahl, 2019). Sin embargo, estudios han revelado que la TRH también desempeña un papel crucial en la regulación de la secreción de la insulina en las células β pancreáticas, así como en la modulación del metabolismo de la glucosa en diversos órganos (Štrbák, 2018).

A nivel celular, se ha observado que la TRH se co-localiza con la insulina en las células β de los islotes pancreáticos, lo que sugiere una influencia directa en la secreción de la insulina y un papel más amplio en la regulación endocrina del metabolismo (Basmaciogullari et al., 2000; J. Z. Q. Luo et al., 2014). Otros estudios han demostrado que la TRH es capaz de estimular la secreción de insulina tanto en condiciones basales como en respuesta a incrementos en los niveles de glucosa (L.-G. Luo & Yano, 2004). Además, se ha reportado que la TRH actúa como un modulador potente, bloqueando la hiperglucemia inducida a través de mecanismos que implican la estimulación de la secreción de insulina tanto desde el sistema nervioso central como desde el páncreas (L. G. Luo et al., 2008).

En modelos animales, la deleción del gen que codifica para la TRH ha mostrado causar hiperglucemia, acompañada de una secreción defectuosa de insulina en respuesta a estímulos glucémicos, lo que resalta su importancia en el mantenimiento de la homeostasis glucémica (Yamada et al., 1997). Adicionalmente, la administración exógena de TRH ha restaurado la secreción de insulina en modelos animales tratados con inhibidores de la amidación peptídica, los cuales reducen la actividad endógena de la TRH (Najvirtová et al., 2005). En estos estudios, la deficiencia de TRH provocó una acumulación de insulina en los islotes pancreáticos, acompañada de una incapacidad para responder adecuadamente a los estímulos glucémicos, reforzando así el papel crítico de la TRH como modulador esencial de la secreción de insulina.

Por otro lado, se ha detectado la expresión del receptor de la TRH (TRH-R) en el tejido pancreático en roedores, donde su interacción con la TRH genera respuestas fisiológicas similares a las observadas en el tejido hipofisario (Mulla et al., 2009). El TRH-R, identificado en diversos vertebrados, presenta una alta afinidad por la TRH, y su activación desencadena una cascada de señalización intracelular que promueve la secreción de hormonas clave en la regulación del metabolismo (Trubacova et al., 2022). En este contexto, la TRH podría ejercer un efecto autocrino y/o paracrino en el páncreas, modulando directamente la actividad biológica de la insulina y contribuyendo así a la regulación del metabolismo glucémico.

El pez cebra (*Danio rerio*) ha surgido como un modelo importante para el estudio de las vías metabólicas debido a la alta conservación evolutiva de sus mecanismos fisiológicos en relación con los mamíferos (Zang et al., 2018). Este organismo expresa los elementos clave para el mantenimiento de la homeostasis glucémica, como el glucagón (Gcg), el receptor de insulina (INS-R) y la propia insulina

(INS), la cual también funciona como regulador principal de los niveles de glucosa (Houbrechts et al., 2019). Hasta el momento, no se ha explorado la presencia de la TRH ni de las isoformas de su receptor en el páncreas de este teleósteo, el TRH-R1a y el TRH-R1b. La expresión de las isoformas sobre el páncreas podría sugerir una posible interacción molecular relevante entre la TRH y la insulina, lo que podría revelar un papel fundamental de la TRH en la modulación de los niveles de glucosa. La exploración de las diferentes funciones de la TRH en la regulación del metabolismo energético podría proporcionar nuevas perspectivas terapéuticas para el tratamiento de trastornos metabólicos, como la diabetes.

Objetivo general: Evaluar el rol de la hormona liberadora de Tirotropina (TRH) en el metabolismo de la glucosa en el pez cebra adulto.

Objetivos particulares:

1. Identificar y caracterizar el tejido pancreático en pez cebra adulto.
2. Analizar la expresión de la hormona liberadora de Tirotropina (TRH) en el tejido pancreático del pez cebra adulto
3. Caracterizar la expresión de los receptores TRH-R1a y TRH-R1b en tejidos relacionados con la regulación de la glucosa.
4. Analizar el efecto de la TRH en los niveles de glucosa en un modelo de hiperglucemia inducida en pez cebra adulto.

Metodología

Pez cebra (*Danio rerio*).

Los peces cebra adultos machos se obtuvieron de un acuario convencional y se mantuvieron bajo condiciones controladas de laboratorio. Los animales fueron alojados en un sistema de recirculación con un fotoperiodo de 10:14 luz: ciclo oscuro. La temperatura del agua se mantuvo constante a 28 °C, con un pH entre 7.4 y 7.8. Los peces fueron alimentados dos veces al día con *Artemia viva* y hojuelas comerciales (42% proteína, 5% grasa, 6% fibra, 11% cenizas y 8% humedad). Para la anestesia y eutanasia, se empleó el método de choque hipotérmico mediante inmersión en agua a 12 °C y 4 °C, respectivamente, con el fin de minimizar las variaciones en los niveles de glucosa sanguínea (Eames et al., 2010). Se recolectó tejido pancreático, el cual fue fijado en paraformaldehído (PFA) al 4% para análisis histológico. Además, en condiciones basales, se recolectaron muestras de músculo, hígado, cerebro y páncreas, que fueron preservadas en Trizol (Invitrogen, #15596026, CdMX) y almacenadas a -20 °C para análisis molecular posterior.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México (INB-UNAM) y por la Universidad Autónoma de Querétaro, bajo los protocolos #152.A y #13830, respectivamente.

Histología.

Existen pocos estudios que hayan explorado directamente el páncreas en peces cebra. A partir de una serie de cortes transversales del pez completo, identificamos la localización del páncreas y procedimos a disecar el tejido pancreático en una sola pieza. Tras su fijación en paraformaldehído (PFA) durante 24 horas, se realizaron cortes de 10 µm de espesor empleando un microtomo, y se tiñeron con hematoxilina y eosina (H&E) para su análisis histológico.

RT-qPCR y RT-PCR convencional

Se aisló ARN total de los tejidos de los peces cebra y, a partir de 1 µg de ARN, se sintetizó ADNc utilizando el kit RevertAid First Strand cDNA Synthesis (Thermo Fisher, #K1641, CdMX). Los oligonucleótidos empleados fueron diseñados en nuestro laboratorio (Tabla 1), y su especificidad fue validada mediante electroforesis en gel de agarosa y análisis de la curva de fusión y secuenciación de los amplicones obtenidos. La cuantificación de los ARNm de los genes TRH-R1a y TRH-R1b se realizó

mediante RT-qPCR utilizando el reactivo Maxima SYBR Green/ROX (Thermo Fisher, #K0221, Ciudad de México) en tejido de páncreas, hígado, músculo y cerebro. El volumen final de reacción fue de 8 µl, y las reacciones se llevaron a cabo en un sistema de detección QuantStudio 1 (Applied Biosystems) bajo las siguientes condiciones: desnaturalización inicial a 95 °C durante 10 minutos, seguida de 40 ciclos de desnaturalización a 95 °C durante 10 segundos, alineación a 60 °C durante 10 segundos y extensión a 72 °C durante 10 segundos. Todas las muestras se analizaron por duplicado, y los niveles de expresión relativa se calcularon utilizando el método $2^{-\Delta\Delta Ct}$, empleando β-actina y 18s como genes de referencia.

Adicionalmente, la expresión del gen de insulina (INSa), de las isoformas de glucagón (Gcga, Gcgb) y de las isoformas del receptor de insulina (INS-Ra, INS-Rb), así como el gen de la TRH, fue analizada en tejido pancreático mediante RT-PCR convencional. Las condiciones del termociclador fueron las siguientes: desnaturalización inicial a 95 °C durante 3 minutos, seguida de 35 ciclos de desnaturalización a 95 °C durante 30 segundos, alineación a 60 °C durante 30 segundos y extensión a 72 °C durante 30 segundos. Los resultados fueron analizados mediante un gel de agarosa al 2%, y la cantidad relativa de cada amplicón se estimó semi cuantitativamente a partir de la densidad óptica de las bandas en el gel de electroforesis. Para la normalización de los datos, se utilizó el producto de amplificación del gen de β-actina como gen de referencia, expresando los valores en porcentaje. Este análisis se llevó a cabo empleando el software Fiji.

Tabla 1. Secuencias de oligonucleótidos utilizados para la amplificación de genes

Primer	Secuencia de oligonucleotidos	
	Forward	Reverse
TRH ZF	GCTCCATCCTCACACAGATGG	CCTCTAGCATGCCCAGATCCA
INSa ZF	TAAGCACTAACCCAGGCACA	TCCTGGGCAGATTTAGGAGGA
INS-R1a ZF	CGGTTCTGGGCAAAACAACA	GCAGGCCACGCATTTGTTAG
INS-R1b ZF	CGGGGACGATATCCTGCAAA	ACGCATTTGGTGGAGTTCCC
TRH-R1a ZF	TTTTCCTCAACCCACTCCCG	TTGACCACCACTAACGTCCG
TRH-R1b ZF	ACTGTCCTCTACGGCCTCAT	ATGTGCGACAGAACAGCAGA
Gcga	AGGCGTCCAGTATTTTGCCA	TGCTCTTCTGGTCTCCAGGT
Gcgb	GACCAGGAGAGCACAAGACT	CGTCGTCCTCGTCCTGTTTT
β-act	ACAGGGAAAAGATGACACAGATCA	CAGCCTGGATGGCAACGTA
18s	GAACGCCACTTGTCCCTCT	GTTGGTGGAGCGATTTGTCT

Tratamiento con TRH e inducción de hiperglucemia.

La inducción de hiperglucemia en peces cebra adultos se realizó mediante inmersión en agua con una concentración de glucosa de 111 mM, siguiendo el protocolo descrito por (Capiotti et al., 2014). La administración de TRH (Bachem**,** #4038214, California) se realizó por vía intraperitoneal (*ip*) (Kinkel et al., 2010). Los peces fueron divididos en cuatro grupos experimentales (n=10 por grupo), distribuidos de la siguiente manera: Grupo 1 (basal), Grupo 2 (ayuno), Grupo 3 (glucosa) y Grupo 4 (TRH).

Medición de los niveles de glucosa en sangre. Al finalizar el tratamiento, se obtuvieron muestras de sangre tras un periodo sin alimento de 24 horas. Previo a la toma de muestras, los peces fueron trasladados a un acuario con agua libre de glucosa durante 15 minutos, con el fin de eliminar cualquier residuo de glucosa exógena. Posteriormente, se realizó la eutanasia de los peces, y las muestras de sangre se obtuvieron mediante la sección de la cola. Los niveles de glucosa en sangre fueron determinados utilizando un glucómetro (Roche, #07124155, México).

Análisis estadístico.

Todos los análisis estadísticos y gráficos se realizaron utilizando el software GraphPad Prism10. Los datos se presentaron como media ± error estándar de la media (Ẋ±ES). El análisis estadístico se llevó a cabo mediante ANOVA de una vía para evaluar los efectos de la interacción de la TRH, seguido de la prueba post hoc de comparaciones múltiples de Tukey para identificar diferencias significativas entre los grupos en el modelo *in vivo*.

Se consideraron estadísticamente significativos aquellos valores de $p < 0.05$ en todos los análisis realizados.

Resultados:

Identificación del tejido pancreático y expresión de TRH en pez cebra

En este estudio, se evaluó la identificación precisa del tejido pancreático en el pez cebra mediante el análisis de la expresión de genes específicos, como insulina, glucagón y el receptor de insulina, los cuales actúan como biomarcadores clave y desempeñan roles críticos en el metabolismo de la glucosa.

La **Figura 1** muestra la estructura histológica característica del tejido pancreático, evidenciando la distinción entre el componente endocrino y el exocrino. Se observa claramente el tejido endocrino, compuesto por pequeñas células agrupadas en islotes, rodeado por el tejido exocrino, el cual presenta una disposición acinar distintiva.

Los resultados de los geles de electroforesis evidenciaron la expresión robusta de los genes relacionados con el metabolismo de la glucosa, confirmando así la correcta identificación del tejido pancreático **(Figura 2 A-G)**. Posteriormente, se analizó la expresión de la TRH en el tejido pancreático del pez cebra, con el objetivo de comparar su presencia con modelos de mamíferos. Sin embargo, su expresión resultó ser casi indetectable en este modelo **(Figura 2 F)**. Estos hallazgos se corroboraron mediante la semi cuantificación de la densidad óptica de los amplicones obtenidos, comparada con la β-actina como gen de referencia **(Figura 2 H)**. Los resultados muestran una expresión robusta de los genes de insulina, glucagón y receptor de insulina, con valores de densidad óptica entre el 90 % y 100 %, mientras que el gen de TRH presentó una densidad óptica significativamente baja, cercana al 5 %, confirmando los resultados cualitativos obtenidos en los geles.

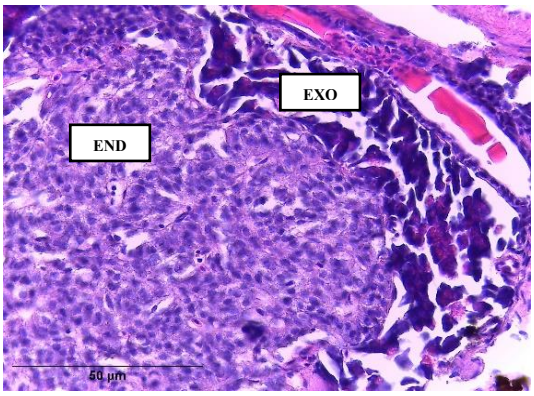


Figura 1. Imagen de un islote pancreático del pez cebra. END) células endocrinas. EXO) células acinares rodeando al tejido endocrino. Se observan células ductales en la periferia del islote. Tinción H&E, 40x. La barra de escala representa 50 µm.

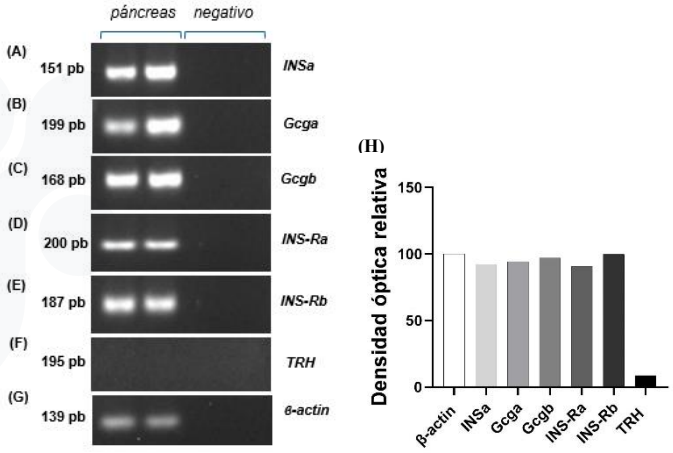


Figura 2. Expresión de genes involucrados en el metabolismo de la glucosa y TRH en tejido pancreático del pez cebra. (A-G) Electroforesis (agarosa 2%) de los amplicones obtenidos por duplicado a partir de cDNA de páncreas para los genes de INSa (insulina a), Gcga (glucagón a), Gcgb (glucagón b), INS-Ra (receptor de insulina a), INS-Rb (receptor de insulina b), TRH, y β-actina (control constitutivo). (H) Representación relativa de la densidad óptica de los genes amplificados, normalizada con β-actina.

Expresión diferencial de TRH-R1a y TRH-R1b en tejidos del pez cebra.

Dado que no se detectó expresión de TRH en el páncreas, se cuantificó la expresión relativa de las isoformas del receptor de TRH, TRH-R1a y TRH-R1b, en cerebro, páncreas, hígado y músculo para evaluar las posibles implicaciones de la TRH en órganos clave para la regulación de la glucosa. Los resultados se presentan como abundancia relativa del transcrito, utilizando el tejido cerebral como referencia.

En la **Figura 3a**, se observa que el receptor TRH-R1a se expresa en el páncreas y en el hígado, aunque 2.5 veces menos en comparación con el cerebro. Por otro lado, la **Figura 3b** muestra que la isoforma TRH-R1b no se detectó en los tejidos de páncreas ni en el hígado. En el músculo, la expresión de ambas isoformas es prácticamente nula.

La exposición a TRH regula los niveles de glucosa en sangre en el pez cebra.

Se evaluó la influencia de la hormona liberadora de Tirotropina (TRH) sobre los niveles de glucosa en sangre en un modelo *in vivo* de hiperglicemia en pez cebra. **La Figura 4** muestra las mediciones de glucosa en sangre para los distintos grupos experimentales: el grupo basal (sin tratamiento y sin restricción alimentaria), y el grupo en ayuno, que sirvió como grupo control, al cual se le administró una inyección *ip* de solución salina al 0.9 %.

En comparación con el grupo basal (82.8 ± 15.8 mg/dl), los peces en ayuno mostraron una reducción significativa en los niveles de glucosa en sangre (48.4 ± 3.89 mg/dl). Por otra parte, los peces expuestos a una solución de glucosa de 111 mM y tratados con solución salina intraperitoneal mostraron un aumento significativo de la glucosa en sangre, superando los 150 mg/dl, lo cual confirma la inducción de hiperglicemia en este modelo.

Finalmente, en los peces con hiperglicemia inducida, la administración de TRH resultó en una disminución significativa de los niveles de glucosa en sangre (84.5 ± 9.9 mg/dl), alcanzando valores comparables a los del grupo basal.

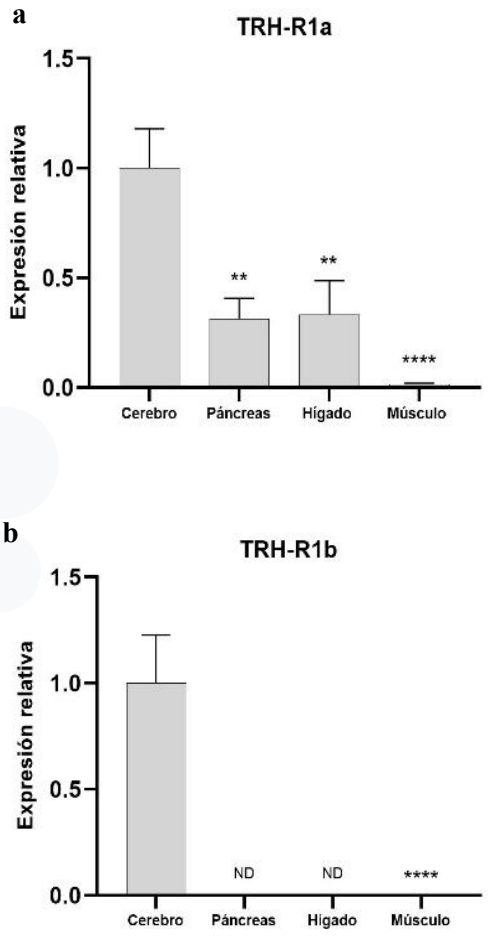


Figura 3. Expresión relativa de los genes TRH-R1a y TRH-R1b en tejidos del pez cebra. La cuantificación relativa de la expresión de a) TRH-R1a y b) TRH-R1b se presenta normalizada con respecto al tejido cerebral. Los resultados se expresan como media ± error estándar (SEM), con niveles de significancia estadística indicados por **p < 0.01 y ****p < 0.0001. (n = 5 para tejidos de hígado, cerebro y músculo; el tejido de páncreas se trabajó en 5 pools de 3 páncreas por pool).

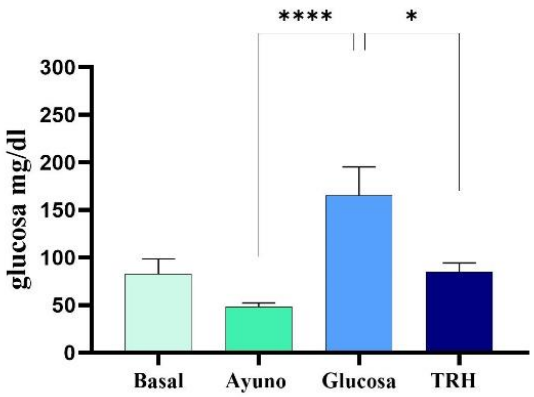


Figura 4. Efecto de la administración de TRH sobre los niveles de glucosa en sangre en el pez cebra. Grupo Basal: sin tratamiento y sin restricción de alimentos; Grupo Ayuno: sin tratamiento, con restricción de alimentos y administración *ip* de solución salina; Grupo Glucosa: tratamiento con glucosa y administración *ip* de solución salina; Grupo TRH: tratamiento con glucosa y administración *ip* de 0.1 µg de TRH. El experimento tuvo una duración de 3 días. Los datos se expresan como media ± error estándar de la media (SEM), con niveles de significancia estadística indicados como *p < 0.05 y ****p < 0.0001. (n = 10 peces por grupo; los datos representan el promedio de dos experimentos independientes).

Discusión y Conclusiones

Diversos estudios han sugerido que la TRH desempeña funciones en el organismo que van más allá de su papel establecido como regulador del eje tiroideo, funciones que parecen estar conservadas evolutivamente en diferentes vertebrados como los peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Trubacova et al., 2022). Desde hace décadas, se ha reconocido que el eje tiroideo participa en la regulación del metabolismo de la glucosa a diferentes niveles, y en condiciones patológicas, se ha documentado una correlación directa entre los desórdenes tiroideos y la resistencia a la insulina o la Diabetes Mellitus (Eom et al., 2022). Sin embargo, nuestros hallazgos sugieren que la TRH podría ejercer un rol directo como modulador de los niveles de glucosa en sangre, un fenómeno que ya ha sido sugerido en estudios previos (Štrbák, 2018). Se ha planteado que esta modulación podría estar mediada por funciones biológicas específicas en órganos periféricos (J. Z. Q. Luo et al., 2014) , lo que abre nuevas vías de investigación sobre los mecanismos a través de los cuales la TRH influye en el metabolismo de la glucosa.

El pez cebra ha ganado relevancia como modelo en estudios de metabolismo; sin embargo, la disección precisa de su páncreas sigue siendo un reto dada su estructura compleja (Eames et al., 2010; Capiotti et al., 2014; Houbrechts et al., 2019). En este trabajo, se ha logrado localizar y diseccionar el tejido pancreático en pez cebra, verificando su autenticidad mediante la expresión de genes clave en el metabolismo de la glucosa. Destacamos la expresión de la isoforma de insulina a (INSa), única funcional en la etapa adulta (Mullapudi et al., 2018), así como las isoformas del glucagón (Gcga, Gcgb) y del receptor de insulina (INS-Ra, INS-Rb). Estas proteínas son esenciales para regular los niveles de glucosa en sangre. La insulina y el glucagón mantienen la glucemia mediante la estimulación de la glucogénesis y la glucogenólisis hepáticas, respectivamente. Además, el receptor de insulina regula la sensibilidad a la glucosa y la secreción de insulina en las células β, contribuyendo al control de la glucosa en sangre (Park et al., 2021).

Confirmada la identificación del páncreas, procedimos a evaluar la expresión de la TRH en este tejido. Al igual que en los mamíferos (Štrbák, 2018), se ha propuesto que la TRH pudiera desempeñar un papel regulador en la síntesis y secreción de insulina en el páncreas del pez cebra. Aunque no fue posible detectar su expresión bajo condiciones basales mediante análisis cualitativos, se ha sugerido que la TRH podría ser identificada en condiciones de hiperglucemia, como lo han señalado otros estudios (L.-G. Luo & Yano, 2004; Najvirtová et al., 2005). Estos resultados indican que futuras investigaciones deberían centrarse en analizar la expresión de TRH en condiciones metabólicas alteradas. La identificación de su expresión en el páncreas u otros tejidos podría aportar una mayor comprensión sobre los mecanismos moleculares involucrados.

Por otro lado, es reconocido que la interacción de la TRH con su receptor (TRH-R) es crucial para ejercer sus funciones (Vargas et al., 2024). En mamíferos, se ha demostrado que el TRH-R no solo se expresa en el hipotálamo, sino también en tejidos periféricos como el páncreas, corazón, sistema gastrointestinal y algunos tejidos reproductivos (Lazcano et al., 2021). En roedores, la isoforma TRH-R1 se encuentra en el páncreas, mientras que TRH-R2 se limita al sistema nervioso central, lo que sugiere una especialización funcional (L.-G. Luo & Yano, 2004).

Se evaluaron las isoformas de los receptores TRH-R1a y TRH-R1b, previamente identificadas en la base de datos genómica Ensembl, en tejidos clave para el metabolismo de la glucosa, como páncreas, músculo e hígado. Los resultados mostraron una expresión significativa de TRH-R1a en páncreas e hígado, consistente con patrones observados en estudios previos en roedores, lo que sugiere una posible función metabólica de este receptor en estos órganos. La activación de TRH-R1a podría desencadenar vías de señalización intracelular específicas implicadas en la regulación de procesos metabólicos, contribuyendo a la modulación del manejo energético en los tejidos analizados (Trubacova et al., 2022).

En cambio, la isoforma TRH-R1b no se detectó en páncreas ni hígado, y ambas isoformas mostraron una expresión mínima en músculo, lo que indica una baja relevancia de la señalización de TRH en este tejido. Estos hallazgos sugieren que TRH-R1a podría estar involucrado en la regulación metabólica, mientras que TRH-R1b no parece participar en la señalización en estos tejidos.

Estudios previos han reportado que los niveles de glucosa en sangre en pez cebra en estado de ayuno oscilan entre 40 y 60 mg/dl, mientras que en condiciones basales se encuentran entre 70 y 90 mg/dl (Eames et al., 2010). En el presente estudio, la administración de TRH en el modelo de pez cebra con hiperglucemia indujo una restauración de la glucemia a niveles basales, lo cual sugiere un efecto hipoglucemiante de la TRH y destaca su potencial como regulador del metabolismo de la glucosa. Estos hallazgos apoyan el uso del pez cebra como modelo adecuado para investigar la interacción de la TRH con la glucosa en sangre.

En el contexto de las terapias actuales para el control glucémico, que incluyen moduladores de moléculas endógenas como los fármacos que actúan sobre la incretina o los receptores renales (Taylor et al., 2021), el estudio de la señalización de la TRH en tejidos metabólicamente activos podría abrir nuevas oportunidades terapéuticas para el tratamiento de condiciones como la obesidad y la Diabetes Mellitus.

Referencias bibliográficas

1. Basmaciogullari, A., Cras-Meneur, C., Czernichow, P., & Scharfmann, R. (2000). Pancreatic pattern of expression of thyrotropin-releasing hormone during rat embryonic development. In Journal of Endocrinology (Vol. 166). http://www.endocrinology.org
2. Capiotti, K. M., Antonioli, R., Kist, L. W., Bogo, M. R., Bonan, C. D., & Da Silva, R. S. (2014). Persistent impaired glucose metabolism in a zebrafish hyperglycemia model. Comparative Biochemistry and Physiology Part - B: Biochemistry and Molecular Biology,171(1),58–65. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2014.03.005
3. Eames, S. C., Philipson, L. H., Prince, V. E., & Kinkel, M. D. (2010). Blood Sugar Measurement in Zebrafish Reveals Dynamics of Glucose Homeostasis.
4. Eom, Y. S., Wilson, J. R., & Bernet, V. J. (2022). Links between Thyroid Disorders and Glucose Homeostasis. In Diabetes and Metabolism Journal (Vol. 46, Issue 2, pp. 239–256). Korean Diabetes Association. https://doi.org/10.4093/dmj.2022.0013
5. Fröhlich, E., & Wahl, R. (2019). The forgotten effects of thyrotropin-releasing hormone: Metabolic functions and medical applications. In Frontiers in Neuroendocrinology (Vol. 52, pp. 29–43). Academic Press Inc. https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2018.06.006
6. Houbrechts, A. M., Beckers, A., Vancamp, P., Sergeys, J., Gysemans, C., Mathieu, C., & Darras, V. M. (2019). Age-Dependent Changes in Glucose Homeostasis in Male Deiodinase Type 2 Knockout Zebrafish. Endocrinology (United States), 160(11), 2759–2772. https://doi.org/10.1210/en.2019-00445

7. Kinkel, M. D., Eames, S. C., Philipson, L. H., & Prince, V. E. (2010). Intraperitoneal injection into adult zebrafish. Journal of Visualized Experiments, 42. https://doi.org/10.3791/2126
8. Lazcano, I., Rodríguez Rodríguez, A., Uribe, R. M., Orozco, A., Joseph-Bravo, P., & Charli, J. L. (2021). Evolution of thyrotropin-releasing factor extracellular communication units. In General and Comparative Endocrinology (Vol. 305). Academic Press Inc. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113642
9. Luo, J. Z. Q., Vang, S., Ting, Z., Jackson, I., & Luo, L. (2014). Thyrotropin-Releasing Hormone (TRH) a Small Molecule in Pancreas Promotes Insulin Producing Cell Proliferation. In Glucose Homeostasis. InTech. https://doi.org/10.5772/57550
10. Luo, L. G., Luo, J. Z. Q., & Jackson, I. M. D. (2008). Thyrotropin-releasing hormone (TRH) reverses hyperglycemia in rat. Biochemical and Biophysical Research Communications, 374(1), 69–73. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2008.06.111
11. Luo, L.-G., & Yano, N. (2004). Expression of thyrotropin-releasing hormone receptor in immortalized-cell lines and rat pancreas. In Journal of Endocrinology (Vol. 181). http://www.endocrinology.org
12. Mulla, C. M., Geras-Raaka, E., Raaka, B. M., & Gershengorn, M. C. (2009). High levels of thyrotropin-releasing hormone receptors activate programmed cell death in human pancreatic precursors. Pancreas, 38(2), 197–202. https://doi.org/10.1097/MPA.0b013e31818d14a8
13. Mullapudi, S. T., Helker, C. S. M., Boezio, G. L. M., Maischein, H. M., Sokol, A. M., Guenther, S., Matsuda, H., Kubicek, S., Graumann, J., Yang, Y. H. C., & Stainier, D. Y. R. (2018). Screening for insulin-independent pathways that modulate glucose homeostasis identifies androgen receptor antagonists. In eLife (Vol. 7). eLife Sciences Publications Ltd. https://doi.org/10.7554/eLife.42209.001
14. Najvirtová, M., Bačová, Z., Mátéffyová, A., & Štrbák, V. (2005). A role of thyrotropin-releasing hormone in insulin secretion by isolated rat pancreatic islets. Pflugers Archiv European Journal of Physiology, 449(6), 547–552. https://doi.org/10.1007/s00424-004-1362-6
15. Park, S. Y., Gautier, J. F., & Chon, S. (2021). Assessment of insulin secretion and insulin resistance in human. In Diabetes and Metabolism Journal (Vol. 45, Issue 5, pp. 641–654). Korean Diabetes Association. https://doi.org/10.4093/DMJ.2021.0220
16. Štrbák, V. (2018). Pancreatic Thyrotropin Releasing Hormone and Mechanism of Insulin Secretion. In Cellular Physiology and Biochemistry (Vol. 50, Issue 1, pp. 385–397). S. Karger AG. https://doi.org/10.1159/000494013
17. Trubacova, R., Drastichova, Z., & Novotny, J. (2022). Biochemical and physiological insights into TRH receptor-mediated signaling. In Frontiers in Cell and Developmental Biology (Vol. 10). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fcell.2022.981452
18. Vargas, Y., Castro Tron, A. E., Rodríguez Rodríguez, A., Uribe, R. M., Joseph-Bravo, P., & Charli, J. L. (2024). Thyrotropin-Releasing Hormone and Food Intake in Mammals: An Update. In Metabolites (Vol. 14, Issue 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/metabo14060302
19. Yamada, M., Saga, Y., Shibusawa, N., Hirato, J., Murakami, M., Iwasaki, T., Hashimoto, K., Satoh, T., Wakabayashi, K., Taketo, M. M., & Mori, M. (1997). Tertiary hypothyroidism and hyperglycemia in mice with targeted disruption of the thyrotropin-releasing hormone gene. In Medical Sciences (Vol. 94). www.pnas.org.
20. Zang, L., Maddison, L. A., & Chen, W. (2018). Zebrafish as a model for obesity and diabetes. In Frontiers in Cell and Developmental Biology (Vol. 6, Issue AUG). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fcell.2018.00091

El consumo de garambullo modula la expresión de proteínas inflamatorias en un modelo de cáncer de colon

Autores: Edelmira Sánchez-Recillas[1a], y Haydé Azeneth Vergara-Castañeda[1b]

Colaboradores: Ana Alicia Sánchez -Tusié[1c]

[1]Facultad de Medicina. Centro de Investigación Biomédica Avanzada (CIBA). Universidad Autónoma de Querétaro

[a] edelmira.s.r@hotmail.com
[b] hayde.vergara@uaq.mx
[c] anatusie@gmail.com

RESUMEN

El cáncer de colon en México es uno de los tipos de cáncer más frecuentes entre la población, siendo causado principalmente por malos hábitos alimentarios. Un mecanismo de protección propuesto ante procesos inflamatorios es mediante la producción de metabolitos secundarios a partir de los compuestos bioactivos presentes en frutas y verduras por parte de la microbiota intestinal, los cuales promueven la homeostasis intestinal e intervienen en vías de señalización implicadas en procesos de inflamación. De tal manera que es de suma importancia la búsqueda de alimentos ricos en compuestos bioactivos con efectos quimioprotectores como el garambullo. El objetivo de este proyecto fue determinar el efecto quimiopreventivo del garambullo en fase temprana de cáncer de colon *in vivo* a través de la modulación de biomarcadores inflamatorios. Ratas Sprague-Dawley aleatoriamente asignadas a uno de 4 grupos experimentales (n=12 por grupo): 1) Control negativo, 2) Azoximetano-dextrán sulfato de sodio (AOM-DSS), 3) Residuo de garambullo con AOM-DSS y 4) Garambullo con AOM-DSS. Al término de 16 semanas, las ratas fueron sacrificadas, se extirpó tejido colónico y se extrajeron proteínas. Se realizó la identificación de proteínas de inflamación mediante un microarreglo de proteínas de inflamación. Se identificó la expresión de las proteínas ICAM-1, IL-1ra, L-selectina, TIMP-1 y CXCL7. Los resultados indican que el consumo de garambullo y residuo de garambullo disminuyó la expresión de proteínas de inflamación como ICAM-1 e IL-1ra, demostrando que el garambullo impacta en la modulación de marcadores infamatorios asociadas a la progresión del cáncer de colon.

Palabras clave: Garambullo, inflamación, cáncer de colon

ABSTRACT

Colon cancer is one of the most common cancers in the Mexican population and is mainly caused mainly by poor dietary habits. A proposed protective mechanism against inflammatory processes is the production of secondary metabolites from bioactive compounds in fruits and vegetables by the gut microbiota, which promote intestinal homeostasis and intervene in signaling pathways involved in inflammatory processes. Therefore, the search for foods rich in bioactive compounds with chemoprotective effects such as garambullo is of utmost importance. The aim of this project was to determine the chemopreventive effect of garambullo in the early stage of colon cancer in vivo through the modulation of inflammatory biomarkers. Sprague-Dawley rats were randomly assigned to one of 4 experimental groups (n=12 per group): 1) Negative control, 2) Azoxymethane-dextran sulfate (AOM-DSS), 3) Garambullo residue with AOM-DSS, and 4) Garambullo with AOM-DSS. After 16 weeks, the rats were sacrificed, the colon tissue was removed, and the proteins were extracted. Inflammatory proteins were identified using an inflammatory protein microarray. The expression of the proteins ICAM-1, IL-1ra, L-selectin, TIMP-1 and CXCL7 were determined. The results indicate that consumption of garambullo and garambullo residues decreased the expression of inflammatory proteins such as ICAM-1 and IL-1ra, demonstrating that garambullo influences the modulation of inflammatory markers associated with the progression of colon cancer.

Keywords: Garambullo, inflammation, colon cancer

1. Introducción

El cáncer de colon (CC) es el tercer cáncer de mayor frecuencia en México y a nivel mundial (GLOBOCAN, 2022). Durante una etapa inicial del CC ocurre una transformación de células epiteliales ya sea por mutaciones espontáneas, mutágenos ambientales o cambios epigenéticos, en donde se induce un ambiente inflamatorio y proliferativo de células epiteliales malignas permitiendo la progresión del CC. Durante el proceso de inflamación en el CC ocurre un aumento del estrés oxidativo lo que ocasiona daño al DNA (ruptura de cadena sencilla o doble) de las células epiteliales. Esto afecta la función de la barrera intestinal aumentando la exposición de las células epiteliales a mutagénicos ambientales o permitiendo el paso de patógenos, ocasionando la pérdida de la homeostasis intestinal. Al paso de la fase de promoción las células iniciadas anormales acumulan mutaciones oncogénicas, así como aumento de citocinas proinflamatorias que le confieren un fenotipo maligno para finalmente dar paso a la fase de progresión y transformarse en un cáncer (Schmitt & Greten, 2021).

Uno de los principales factores de riesgos asociados al CC es el tipo de dieta. Se ha demostrado que un alto consumo de carne roja y procesada son factores que aumentan el riesgo de desarrollar CC, al ocasionar un estado de inflamación crónico en el colon, debido al aumento de señales inflamatorias que promueven el desarrollo dicha enfermedad (Rawla et al., 2019). Por otro lado, el consumo de alimentos ricos en fibra y polifenoles presentes en vegetales y frutas son considerados factores protectores, debido a que ejercen efectos preventivos y anticarcinogénicos. Una vez que la fibra y los polifenoles son metabolizados por el huésped se producen metabolitos secundarios como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) los cuales intervienen en vías de señalización que disminuyen la presencia de proteínas proinflamatorias, inducen apoptosis, activan la respuesta inmunológica y también pueden intervenir en la modulación de la microbiota colónica, promoviendo la salud colónica (Long et al., 2021). De tal manera que es de interés la búsqueda de alimentos ricos en compuestos bioactivos que puedan ejercer un efecto preventivo en una etapa inicial del CC, mediante la modulación de señales inflamatorias. Estudios previos han demostrado que el fruto de garambullo *(Myrtillocactus geometrizans*) cuenta con diversos compuestos bioactivos con alta capacidad antioxidante. Así mismo se ha encontrado que el garambullo es una fuente de sustrato para la generación de AGCC los cuales se sabe que intervienen en diversos mecanismos de acción que promueven la salud colónica (Sánchez-Recillas et al., 2024). Además, el consumo de garambullo por 16 semanas en un modelo animal inducido con AOM/DSS ocasionó la disminución de lesiones premalignas características del CC llamadas fosas de criptas aberrantes (FCA) (Godínez-Santillán et al., 2024), lo que indica que el garambullo ejerce un papel protector durante una etapa temprana del CC. Parte de los resultados obtenidos de esta investigación (Sánchez-Recillas, datos no publicados) demostraron que el consumo de garambullo y residuo de garambullo en animales inducidos con AOM/DSS modifican el perfil de la microbiota intestinal al promover el crecimiento de bacterias benéficas del género *Lactobacillus y Faecalibacterium* y disminuir la abundancia de bacterias patógenas del género *Desulfovibrio*. Estudios han demostrado una relación entre cambios en perfil de la microbiota intestinal y biomarcadores inflamatorios (Long et al., 2021). Por lo que el objetivo de este proyecto fue evaluar si parte de los mecanismos por los cuales le garambullo tiene un papel protector en un modelo de fase temprana de CC inducido con AOM/DSS puede ser a través de la modulación de proteínas inflamatorias.

2. Metodología

2.1 Recolección y tratamiento del garambullo

El garambullo se recolectó en la comunidad de Garabatillo, Celaya, en el estado de Guanajuato en el mes de junio del 2021. Una vez recolectado, el garambullo fue lavado con agua corriente sin tallar, liofilizado y molido, y se almacenó en bolsas selladas a una temperatura de -80°C. Se llevó a cabo la obtención del residuo de garambullo (RG) el cual

corresponde a la fracción no digerible del garambullo conformado por fibra y compuestos no solubles. Este se obtuvo a partir de una extracción con etanol-agua (30:70 v/v). Se centrifugó a temperatura ambiente a 10.000 *g* durante 10 minutos y se filtró con papel Whatman (0.20 µm). Se descartó el sobrenadante, obteniéndose el RG, que se conservó en bolsas selladas a -80°C.

2.2 Animales y reactivos

Se utilizaron 48 ratas macho Sprague-Dawley con peso inicial de 75 ± 5 g de 4 semanas de edad. Las ratas se mantuvieron en un cuarto con temperatura ambiente de 24 ± 2ºC, ciclos de luz-oscuridad 12/12 h, con agua y alimento ad *libitum*. Todos los procedimientos se realizaron acuerdo a la NOM-062-200-1999. El carcinógeno utilizado fue azoximetano (AOM, 10 mg/kg de peso corporal, disuelto en 1 ml de solución fisiológica) y se utilizó como promotor al dextrán sulfato de sodio (DSS, al 2% disuelto en agua de bebida).

2.3 Diseño experimental

Una semana después de la aclimatación, las ratas se asignaron al azar a uno de los 4 grupos de tratamiento (Figura 1) (n=12 por grupo): (1) control negativo (CN), dieta basal e inyección subcutánea de solución fisiológica; (2) grupo azoximetano-dextrán sulfato de sodio (AOM/DSS), dieta basal más una inyección subcutánea de AOM vez a la semana por dos semanas 3er y 4^{a} semana, más DSS durante 7 días, (3) grupo G+AOM/DSS, garambullo liofilizado (5 g/ kg de peso corporal) e inducción con AOM/DSS y dieta basal (4) grupo residuo de garambullo (RG), con una dosis de 5 g/ kg de peso corporal, diariamente administrado en forma de pellet, una vez por día durante el periodo experimental (16 semanas), inducidos con AOM/DSS (RG+AOM/DSS) y dieta basal. La dosis se seleccionó de acuerdo con lo reportado previamente por Reynoso y col. (1999) como dosis inocua (Reynoso-Camacho et al., 2015). Al término del periodo experimental (16 semanas en total) los animales fueron sacrificados con CO_2. Se tomaron muestras de tejido para posteriores análisis.

2.4 Extracción y cuantificación de proteínas

Para la extracción de proteínas del tejido colónico de las ratas se pesaron 200 mg de tejido de colon distal formado por un pool de tres ratas dentro de cada grupo experimental. Los tejidos fueron colocados en un buffer de lisis conformado por PBS y un coctel de inhibidor de proteasas (Sigma-Aldrich1). Las muestras fueron homogenizadas con un politrón durante 10 min. En seguida se adicionó Triton X-100 y posteriormente las muestras se centrifugaron 10,000 *g* por 5 minutos para remover residuos celulares. Una vez obtenido el sobrenadante se llevó a cabo una cuantificación de proteínas mediante el uso del kit de análisis de proteínas BCA (No. P011, ABP Biosciences).

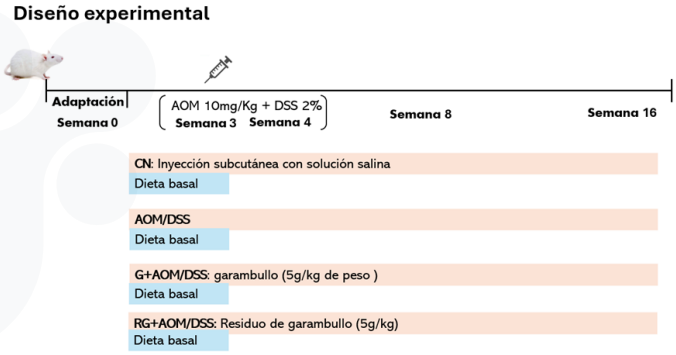


Figura 1. Diseño experimental *in vivo*. CN: control negativo, dieta basal e inyección subcutánea de solución fisiológica. AOM: Azoximetano. DSS: dextrán sulfato de sodio. G: garambullo. RG: residuo de garambullo.

2.5 Microarreglo de proteínas

Para determinar los biomarcadores inflamatorios se utilizó un microarreglo de proteínas de inflamación (No. ARY008). Se utilizaron membranas de nitrocelulosa las cuales cada una contenía 20 anticuerpos de captura diferentes. Una vez bloqueadas las membranas se les añadió 500 µl de las muestras de proteínas extraídas mezcladas con un coctel de anticuerpos biotinilados de detección. Las

muestras fueron incubadas dentro de cada membrana de anticuerpos, posteriormente se llevó a cabo una detección por estreptavidina conjugada con peroxidasa de rábano picante (HRP). La detección de proteínas se hizo mediante el uso de un fotodocumentador de quimioluminiscencia el cual permitió obtener imágenes que mostraron señales positivas ante la presencia de proteínas dentro de las membranas. Posteriormente se llevó a cabo la identificación de cada proteína expresada utilizando las guías de identificación del microarreglo. Finalmente se determinó el porcentaje de densidad de expresión correspondiente a cada proteína mediante el uso del programa ImageJ.

2.6 Análisis estadístico

Los resultados son expresados como el promedio ± desviación estándar de dos repeticiones. 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 Expresión de proteínas

Los resultados obtenidos (Figura 2) muestran la presencia de ICAM-1 (molécula de adhesión intracelular 1), IL-1ra (antagonista del receptor de IL-1), L-selectina (molécula de adhesión), CXCL7 (quimiocina) y TIMP-1 (inhibidor tisular de metaloproteinasa 1) dentro de los cuatro grupos experimentales. Cabe señalar que dentro del grupo control no se identificó ninguna proteína de inflamación.

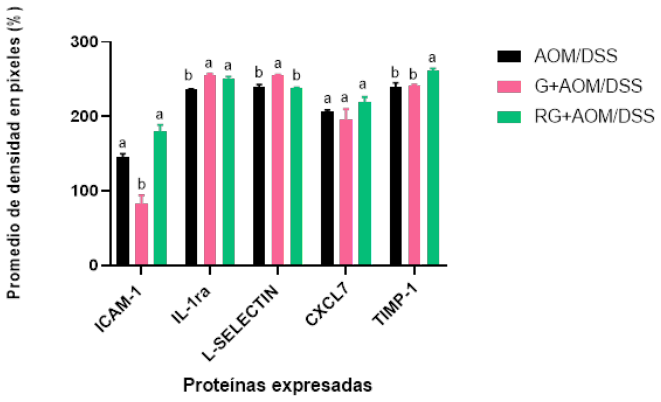


Figura 2. Biomarcadores de inflamación. Los datos se muestran como la media ± desviación estándar de dos repeticiones. Análisis estadístico de ANOVA de una vía. Letras diferentes en barras indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) mediante una prueba *post hoc* Tukey-Kramer. AOM: Azoximetano. DSS: dextrán sulfato de sodio. G: garambullo. RG: residuo de garambullo.

La expresión de la proteína ICAM-1 se encontró disminuida en el grupo G+AOM/DSS en comparación a los grupos inducidos con AOM/DSS y RG+AOM/DSS. La proteína ICAM-1 es una glicoproteína de superficie celular de la superfamilia de inmunoglobulinas (Ig) que pertenece a las proteínas de adhesión celular debido a que juega un papel importante en la interacción célula-célula, célula-matriz extracelular, señalización celular y procesos inmunológicos. Estudios han demostrado que ICAM-1 tiene un papel importante en la patogénesis del CC debido a que modula funciones como apoptosis, motilidad celular y angiogénesis (Qiu et al., 2022). El aumento de ICAM-1 observado en los grupos AOM/DSS y RG+AOM/DSS puede ser debido a que ICAM-1 es una proteína pro-inflamatoria activada a través de la estimulación por lipopolisacáridos (LPS) o por interleucinas proinflamatorias (Figura 3) como TNF-α, IFN-γ e IL-1 por medio de la activación de la vía de señalización NF-κβ (Qiu et al., 2022). El aumento en ICAM-1 se ha asociado con la presencia de una disbiosis de la microbiota intestinal al verse alterada la homeostasis de la barrera intestinal ocasionando la activación de la vía NF-κβ. Esto puede relacionarse con el aumento

en la abundancia de bacterias patógenas como *Desulfovibrio* en el grupo inducido con AOM/DSS reportado en resultados anteriores que forman parte de este proyecto. Además, en modelos animales después de la administración con DSS se ha reportado aumento de ICAM-1 demostrando que el aumento en la expresión de ICAM-1 en tejido colónico se da en las primeras fases de un proceso inflamatorio (Jenkins et al., 2019). Por otra parte, la disminución en la expresión de ICAM-1 observada en el grupo G+AOM/DSS se relaciona con lo observado por Días y cols. (2014) en donde la administración de un extracto de Acaí (*Euterpe oleracea Martius*) un fruto rico en polifenoles mostró una disminución en la expresión de ICAM-1 mediante la inhibición de la vía NF-κβ dada por el ácido butírico (Dias et al., 2014). Esto puede relacionarse con los antecedentes de nuestro grupo de investigación, en donde se observó un aumento en géneros de bacterias productoras de butirato como *Lactobacillus* y *Faecalibacterium* en ratas que consumieron garambullo (Sánchez-Recillas, datos no publicados). Esto podría indicar que un posible mecanismo por el cual el consumo de garambullo disminuyó la expresión de ICAM-1 fue a través del aumento de bacterias productoras de ácido butírico.

La proteína IL-1ra aumentó su expresión en los grupos RG+AOM/DSS y G+AOM/DSS en comparación al grupo AOM/DSS. El aumento de IL-1ra indica un posible papel protector del garambullo y el residuo de garambullo ante la inducción de AOM/DSS debido a que la IL-1ra es una interleucina anti-inflamatoria que funciona como un antagonista del receptor de IL-1 (IL-1R) (Frenay et al., 2022). El aumento en la expresión de IL-1ra puede estar asociado al aumento en la abundancia del género *Lactobacillus* visto en resultados previos que son parte de este proyecto (Sánchez-Recillas, datos no publicados), debido a que estudios demuestran que el género *Lactobacillus* promueve la secreción de IL-1ra en monocitos, activando una vía de señalización anti-inflamatoria (Mata Forsberg et al., 2019). Se sabe que la IL-1ra se une al receptor de IL-1 boqueando su actividad proinflamatoria en modelos *in vitro* e in *vivo*. El bloqueo de la actividad de IL-1 resulta de importancia en el CC debido a que la IL-1 se ha asociado con la progresión del CC. Algunos estudios han demostrado el efecto anticancerígeno del aumento de IL-1ra al disminuir tumores en modelos animales de xenoinjertos derivados de células de CC humanas (Heo et al., 2021).

La proteína L-selectina aumentó su expresión en el grupo inducido con G+AOM/DSS respecto a los grupos AOM/DSS y RG+AOM/DSS. La proteína L-selectina es responsable de la adhesión de los leucocitos al endotelio y es de suma importancia para la disminución de la inflamación agua, sin embargo, se ha reportado que cuando existe una infiltración excesiva de leucocitos en un proceso de inflamación esto puede aumentar la gravedad de la lesión (Ivetic et al., 2019). Algunos estudios han reportado que el bloqueo la función de las selectinas puede prevenir la infiltración masiva de leucocitos en sitios de inflamación y reducir la progresión de la inflamación y el daño al tejido. Se ha observado que la inhibición de las selectinas puede ser una estrategia para controlar el estado de inflamación en un modelo de colitis inducido con DSS (Borsig, 2018). Sin embargo, aún es importante el determinar en qué medida la modulación de la respuesta inmunitaria mediada por selectina contribuye a una progresión del cáncer. De tal manera que acorde a los resultados obtenidos se puede decir que el consumo de garambullo al aumentar la expresión de L-selectina está estimulando la activación de una respuesta inmunológica en cuanto a la adhesión de leucocitos ante la inducción del AOM/DSS. Sin embargo, como se menciona anteriormente la activación de dicha respuesta excesiva puede llegar a causar daño al tejido por lo que se puede decir que el consumo de garambullo no muestra un efecto protector ante la inducción de AOM/DSS a través de la modulación de L-selectina.

En cuanto a la proteína CXCL7 la cual participa en el reclutamiento de neutrófilos en un proceso de inflamación y que es un biomarcador asociado con la progresión del CC (Yang et al., 2015), esta no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, lo que indica que el consumo de garambullo

no tiene un efeto en la modulación de dicho biomarcador.

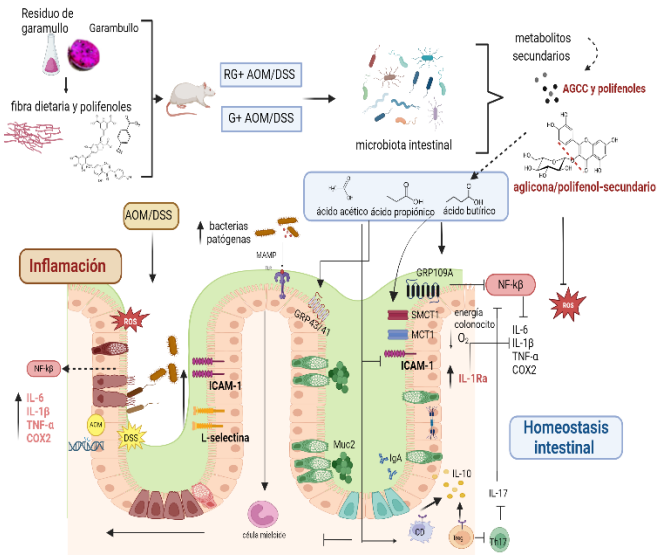


Figura 3. Modelo de posible mecanismo de acción del consumo de garambullo en la salud intestinal. La inducción con AOM/DSS causa la perdida de la homeostasis intestinal, el ambiente inflamatorio ocasiona una disbiosis de la microbiota intestinal, aumento de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la activación de la vía NF-κβ provocando el aumento de proteínas de inflamación como ICAM-1 y L-selectina. Por otra parte, los polifenoles y fibra dietaria presentes en el G y RG al ser consumidos por las ratas dichos compuestos son metabolizados por la microbiota intestinal que genera metabolitos secundarios como los AGCC (ácido acético, propiónico y butírico) los cuales neutralizan a ROS, bloquean la vía NF-κβ y por lo tanto la disminución de ICAM-1. El ácido butírico promueve la expresión de IL-1ra la cual bloquea el efecto proinflamatorio de IL-1. De igual forma se activa la respuesta inmunitaria promoviendo la diferenciación de linfocitos T y un aumento de interleucina anti-inflamatoria como IL-10 e IL-17 que bloquea la vía NF-κβ. Estos mecanismos junto con el restablecimiento de la disbiosis intestinal promueven la homeostasis intestinal al disminuir el estado inflamatorios, restablecer la permeabilidad de la barrera epitelial, la capa de moco y la activación de la respuesta inmunitaria en el colon.

Los resultados de la proteína TIMP-1 indican que fue mayor su expresión en el grupo RG+AOM/DSS en comparación a los grupos G+ AOM/DSS y AOM/DSS en donde mostró una disminución en su expresión. Estudios han demostrado que TIMP-1 se encuentra regulado al alza al inicio y progresión del CC (Huang et al., 2019). Un estudio realizado por Song y cols. (2016) demostró que una disminución en TIMP-1 puede suprimir la proliferación, migración, apoptosis e invasión de células de CC *in vitro* (Song et al., 2016). A pesar de que el grupo que consumió garambullo mostró una disminución en los niveles de TIMP- 1 las diferencias no fueron estadísticamente significativas al compararse con el grupo inducido con AOM/DSS, lo que indica que el consumo de garambullo y residuo de garambullo a la dosis y tiempo administrado no muestra un efecto protector contra la inducción del AOM/DSS mediante la modulación de TIMP-1.

4. Conclusión

El consumo de garambullo y residuo de garambullo moduló la presencia de biomarcadores inflamatorios en tejido de colon como ICAM-1 e IL-1ra, y estos cambios en expresión se sugiere que están asociados a la disminución de la inflamación causada por la inducción de AOM/DSS. Por otro lado, el consumo de G y RG durante 16 semanas no causó cambios en biomarcadores inflamatorios como L-selectina, CXCL7 y TIMP-1.

5. Referencias

Borsig, L. (2018). Selectins in cancer immunity. In *Glycobiology* (Vol. 28, Issue 9, pp. 648–655). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/glycob/cwx105

Dias, M. M. D. S., Noratto, G., Martino, H. S. D., Arbizu, S., Peluzio, M. D. C. G., Talcott, S., Ramos, A. M., & Mertens-Talcott, S. U. (2014). Pro-apoptotic activities of polyphenolics from açai (Euterpe oleracea Martius) in human SW-480 colon cancer cells. *Nutrition and Cancer*, *66*(8), 1394–1405. https://doi.org/10.1080/01635581.2014.956252

Fields, J. K., Günther, S., & Sundberg, E. J. (2019). Structural basis of IL-1 family cytokine signaling. In *Frontiers in Immunology* (Vol. 10, Issue JUN). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.01412

Godínez-Santillán, R. I., Kuri-García, A., Ramírez-Pérez, I. F., Herrera-Hernández, M. G., Ahumada-Solórzano, S. M., Guzmán-Maldonado, S. H., & Vergara-Castañeda, H. A. (2024). Characterization of Extractable and Non-Extractable Phenols and Betalains in Berrycactus (Myrtillocactus geometrizans) and Its Chemoprotective Effect in Early Stage of Colon Cancer In Vivo. *Antioxidants*, *13*(9). https://doi.org/10.3390/antiox13091112

Heo, G., Lee, Y., & Im, E. (2021). Interplay between the gut microbiota and inflammatory mediators in the development of colorectal cancer. In *Cancers* (Vol. 13, Issue 4, pp. 1–17). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/cancers13040734

Huang, R., Wang, K., Gao, L., & Gao, W. (2019). TIMP1 is a potential key gene associated with the pathogenesis and prognosis of ulcerative colitis-associated colorectal cancer. *OncoTargets and Therapy*, *12*, 8895–8904 https://doi.org/10.2147/OTT.S222608

International Agency for Research on Cancer, W.H.O Cancer Over Time 1990–2020. [(consultado en línea 2024)]; https://gco.iarc.fr/overtime/en

Ivetic, A., Green, H. L. H., & Hart, S. J. (2019). L-selectin: A major regulator of leukocyte adhesion, migration and signaling. In *Frontiers in Immunology* (Vol. 10, Issue MAY). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.01068

Jenkins, S. V., Robeson, M. S., Griffin, R. J., Quick, C. M., Siegel, E. R., Cannon, M. J., Vang, K. B., & Dings, R. P. M. (2019). Gastrointestinal tract dysbiosis enhances distal tumor progression through suppression of leukocyte trafficking. *Cancer Research*, *79*(23), 5999–6009. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-18-4108

Kapsoritakis, A. N., Kapsoritaki, A. I., Davidi, I. P., Lotis, V. D., Manolakis, A. C., Mylonis, P. I., Theodoridou, A. T., Germenis, A. E., & Potamianos, S. P. (2008). Imbalance of tissue inhibitors of metalloproteinases (TIMP) - 1 and - 4 serum levels, in patients with inflammatory bowel disease. *BMC Gastroenterology*, *8*. https://doi.org/10.1186/1471-230X-8-55

Long, J., Guan, P., Hu, X., Yang, L., He, L., Lin, Q., Luo, F., Li, J., He, X., Du, Z., & Li, T. (2021). Natural Polyphenols as Targeted Modulators in Colon Cancer: Molecular Mechanisms and Applications. In *Frontiers in Immunology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.635484

Mata Forsberg, M., Björkander, S., Pang, Y., Lundqvist, L., Ndi, M., Ott, M., Escribá, I. B., Jaeger, M. C., Roos, S., & Sverremark-Ekström, E. (2019). Extracellular Membrane Vesicles from Lactobacilli Dampen IFN-γ Responses in a Monocyte-Dependent Manner. *Scientific Reports*, *9*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-53576-6

Qiu, Z., Wang, Y., Zhang, Z., Qin, R., Peng, Y., Tang, W., Xi, Y., Tian, G., & Zhang, Y. (2022). Roles of intercellular cell adhesion molecule-1 (ICAM-1) in colorectal cancer: expression, functions, prognosis, tumorigenesis, polymorphisms and therapeutic implications. In *Frontiers in Oncology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1052672

Raffler, N. A., Rivera-Nieves, J., & Ley, K. (2005). L-selectin in inflammation, infection and immunity. In *Drug Discovery Today: Therapeutic Strategies* (Vol. 2, Issue 3, pp. 213–220). https://doi.org/10.1016/j.ddstr.2005.08.012

Rawla, P., Sunkara, T., & Barsouk, A. (2019). Epidemiology of colorectal cancer: Incidence, mortality, survival, and risk factors. In *Przeglad Gastroenterologiczny* (Vol. 14, Issue 2, pp. 89–103). Termedia Publishing House Ltd. https://doi.org/10.5114/pg.2018.81072

Reynoso-Camacho, R., Martinez-Samayoa, P., Ramos-Gomez, M., Guzmán, H., & Salgado, L. M. (2015). Antidiabetic and renal protective properties of berrycactus fruit (Myrtillocactus geometrizans). *Journal of Medicinal Food*, *18*(5), 565–571. https://doi.org/10.1089/jmf.2013.0164

Sánchez-Recillas, E., Almanza-Aguilera, E., Dufoo-Hurtado, E., Luzardo-Ocampo, I., Campos-Vega, R., & Vergara-Castañeda, H. A. (2024). Untargeted metabolomics of gut-derived metabolites from in vitro colonic fermentation of garambullo (Myrtillocactus geometrizans). *Journal of Functional Foods*, *114*. https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106063

Schmitt, M., & Greten, F. R. (2021). The inflammatory pathogenesis of colorectal cancer. In *Nature Reviews Immunology* (Vol. 21, Issue 10, pp. 653–667). Nature Research. https://doi.org/10.1038/s41577-021-00534-x

Song, G., Xu, S., Zhang, H., Wang, Y., Xiao, C., Jiang, T., Wu, L., Zhang, T., Sun, X., Zhong, L., Zhou, C., Wang, Z., Peng, Z., Chen, J., & Wang, X. (2016). TIMP1 is a prognostic marker for the progression and metastasis of colon cancer through FAK-PI3K/AKT and MAPK pathway. *Journal of Experimental and Clinical Cancer Research*, *35*(1). https://doi.org/10.1186/s13046-016-0427-7

Yang, D., Dai, T., Xue, L., Liu, X., Wu, B., Geng, J., Mao, X., Wang, R., Chen, L., & Chu, X. (2015). Expression of chemokine receptor CXCR7 in colorectal carcinoma and its prognostic significance. In *Int J Clin Exp Pathol* (Vol. 8, Issue 10). www.ijcep.com/

Cardiotoxicidad por antraciclinas en pacientes supervivientes de cáncer infantil.

Dr. Jorge Armando Hernández Campos. Médico pediatra, residente oncología pediátrica. Hospital Infantil Teletón de Oncología. Universidad Nacional Autónoma de México. camposmd94@gmail.com
Dra. Senyase Karina Zamarripa Martínez. Médica Oncóloga Pediatra. Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío. senyi.zamarripa@gmail.com
Dra. Marcela Guerrero Lara. Médica Cardióloga Pediatra. Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío.
Dra. Evelia Apolinar Jiménez. Lic. Nutrición clínica. Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío. eve.apolinar@gmail.com

Abstract.

30% of childhood cancer survivors will have a poor health condition. The use of anthracyclines is associated with irreversible anthracyclines; incidence between 5-20%. Chronic cardiac dysfunction impacts health-related quality of life. In our country we do not have sufficient records of cardiovascular effects due to anthracyclines in childhood cancer survivors. Determine the frequency of cardiotoxicity secondary to anthracyclines in cancer survivors by echocardiogram, as well as its correlation with other risk factors. Total dose of anthracyclines, functional scale, anthropometry, cardiothoracic index, biochemical profile, biomarkers, echocardiogram (LVEF, Global Strain, etc.) were evaluated. Hypothesis testing with Shapiro-Wilk. The frequency of cardiotoxicity was calculated. Wilcoxon inferential analysis and ANOVA. Spearman correlation and linear regression model between the cumulative dose of anthracyclines, echocardiographic parameters and cardiovascular evaluations. Frequency of cardiotoxicity due to anthracyclines of 7.69% by LVEF and 15.85% by strain. Cumulative anthracycline dose 225 mg/m2/SC (Q1: 60, Q3: 300). No significant difference between pretreatment LVEF (68%) LVEF at the time of the study (67%) p 0.55. Positive correlation between echocardiographic parameters and doses of anthracycline, BNP and troponin I and metabolic syndrome. Relative frequency of cardiotoxicity of 7.69% and 15.85% by LVEF and OS respectively. Biphasic behavior of the SG in relation to the anthracycline dose; OS begins to decrease after a total cumulative dose greater than 200 mgm2sc. Key words: anthracyclines, anthracyclines, childhood cancer survivors.

Resumen.

El 30% de los supervivientes de cáncer infantil tendrán un mal estado de salud. El uso de antraciclinas está asociado con antraciclinas irreversibles; incidencia entre 5-20%. La disfunción cardíaca crónica afecta la calidad de vida relacionada con la salud. En nuestro país no disponemos de registros suficientes de efectos cardiovasculares por antraciclinas en supervivientes de cáncer infantil. Determinar la frecuencia de cardiotoxicidad secundaria a antraciclinas en sobrevivientes de cáncer mediante ecocardiograma, así como su correlación con otros factores de riesgo. Se evaluó dosis total de antraciclinas, escala funcional, antropometría, índice cardiotorácico, perfil bioquímico, biomarcadores, ecocardiograma (FEVI, Global Strain, etc.). Prueba de hipótesis con Shapiro-Wilk. Se calculó la frecuencia de cardiotoxicidad. Análisis inferencial de Wilcoxon y ANOVA. Correlación de Spearman y modelo de regresión lineal entre la dosis acumulada de antraciclinas, parámetros ecocardiográficos y evaluaciones cardiovasculares. Frecuencia de cardiotoxicidad por antraciclinas del 7,69% por FEVI y del 15,85% por cepa. Dosis acumulada de antraciclina 225 mg/m2/SC (Q1: 60, Q3: 300). No hubo diferencia significativa entre la FEVI previa al tratamiento (68%) y la FEVI en el momento del estudio (67%) p 0,55. Correlación positiva entre parámetros ecocardiográficos y dosis de antraciclina, BNP y troponina I y síndrome metabólico. Frecuencia relativa de cardiotoxicidad del 7,69% y 15,85% por FEVI y SG respectivamente. Comportamiento

bifásico del GE en relación a la dosis de antraciclina; La OS comienza a disminuir después de una dosis acumulada total superior a 200 mgm2sc. Palabras clave: antraciclinas, antraciclinas, sobrevivientes de cáncer infantil.

Antecedentes.

Una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en niños y adolescentes alrededor del mundo es el cáncer. Según las últimas estimaciones hechas por Globocan 2018, cada año se diagnostican aproximadamente 18 millones de casos nuevos de cáncer en todo el mundo, de los cuales, más de 200,000 ocurren en niños y adolescentes.[1]

En México hasta el 2018 la población de niños y adolescentes entre los 0 y los 19 años fue de 44,697,145. De acuerdo con los datos del Registro de Cáncer en Niños y Adolescentes (RCNA) las tasas de incidencia (por millón) hasta el 2017 fueron: 89.6 nacional, 111.4 en niños (0 a 9 años) y 68.1 en adolescentes (10-19 años).[2,3.]

Se estima que aproximadamente el 30% de los supervivientes de cáncer tendrán una condición de salud deficiente, 17% no será apto para la vida laboral, y el 58% tendrá una o más limitaciones, desarrollando condiciones patológicas crónicas en 2 de cada 3 supervivientes de cáncer.[4-7]

Los efectos cardiovasculares son la principal causa de morbilidad y mortalidad relacionada a la terapia en supervivientes de cáncer infantil a largo plazo, con 15 veces más riesgo de desarrollar falla cardiaca congestiva. [8-14.] El uso de antraciclinas es el factor de riesgo mas común y va en relación a la dosis acumulada, con una incidencia <5% con dosis acumuladas <300 mg/m^2 y puede presentarse hasta 15 años después del tratamiento, se estima riesgo del 20% con dosis de 300 a 600 mg/m^2, y >35% con dosis de >600mg/m^2. [6, 15-20] El Colegio Mexicano de Medicina Interna describe riesgo de 0.2% con dosis de 150 mg/m², de 1.6% con 300 mg/m², de 3.3% con 450 mg/m² y de 8.7% con 600 mg/m².[21] Adicionalmente a la dosis acumulada, Wojnowski describió 5 polimorfismos de nicotiamida adenina dinucleótido fosfato (NAD[P]H) y transportadores de doxorrubicina asociados a mayor sensibilidad para efectos cardiotóxicos. Igualmente se ha descrito mayor susceptibilidad en mujeres por una disminución de 4.8 veces de la transcripción de los genes TCLIA (T Cell Leukemia IA) y 2 veces menos grado de transcripción de ABCB I, que codifica MDR1 ([Multi-Drug Resistence] un transportador de membrana para la doxorrubicina). Lo que incrementa sus concentraciones a nivel cardiaco.[21]

Esta cardiotoxicidad se define acorde en el grado de compromiso ventricular izquierdo según con el cumplimiento con alguno de los criterios mostrados en la tabla 1, ó puede otorgarse un grado en relación con la magnitud de la afectación.

Cerca del 50% de los niños supervivientes a cáncer ha recibido antraciclinas como parte de su tratamiento quimioterapéutico. El uso de estos medicamentos se asocia al desarrollo de insuficiencia cardiaca en el 20% (16-35%) de los pacientes con relación directa a la dosis acumulada dichos medicamentos (tabla 2).[14,15, 16]. El uso de antraciclinas también se ha asociado a la presencia de arritmias agudas durante la infusión de tratamiento. La cardiotoxicidad subclínica se encuentra en un rango de 0% a 57%.[20]

Las antraciclinas deben su efecto citotóxico a la inhibición de la replicación del ADN y transcripción de ARN, generación de radicales libres que dañan el ADN, peroxidación lipídica, inhibición de la topoisomerasa II, alteración de la homeostasis del hierro, cambios de calcio intracelular y disfunción mitocondrial. [15, 17, 22]

La evolución natural de la cardiotoxicidad inicia con disfunción del ventrículo izquierdo, cambios electrocardiográficos inespecíficos o insuficiencia cardiaca subclínica con disminución de la fracción de acortamiento del ventrículo derecho (FAVD), dilatación y disminución de la contractilidad del mismo; lentamente progresa a miocardiopatía restrictiva con dimensiones normales o disminuidas del ventrículo derecho e izquierdo, solo o acompañado de engrosamiento de la pared y disminución de la contractilidad terminando en

disminución de la FAVD y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI); esto se ha visto en un periodo de 6 años tras inicio de tratamiento en pacientes con osteosarcoma. [17, 18, 19] A los 12 años de seguimiento hay reducción de la masa cardiaca y la capacidad contráctil del ventrículo izquierdo. En un plazo medio de 17.3 años en un estudio donde se analizaron 115 pacientes supervivientes de osteosarcoma se observó disminución de la dimensión del ventrículo izquierdo en relación a su índice Z ajustado para superficie corporal así como un incremento del grosor de la pared (incremento anormal de la relación dimensión/grosor), indicando remodelado patológico del ventrículo izquierdo (corazón demasiado pequeño para el tamaño del cuerpo); esto resulta en disminución de la fracción de eyección y caída de gasto cardíaco, es decir insuficiencia cardiaca. [17-22]

La presencia de cardiotoxicidad crónica (insuficiencia cardíaca) en los pacientes supervivientes a cáncer infantil es una causa de morbimortalidad importante con repercusión en la calidad y la expectativa de vida. [22-25] La evaluación de la función cardíaca debe continuarse a los 4 y 10 años tras concluido el tratamiento antineoplásico con antraciclinas en pacientes menores a 15 años o con dosis acumulada superior a 250mgm2sc para doxorrubicina y 360mgm2sc para epirrubicina.[8, 14, 15, 16] Cualquier dato sugestivo de fallo cardíaco en estos pacientes obliga a realizar una evaluación y una intervención clínica inmediata en los supervivientes formando parte aun del tratamiento integral del paciente oncológico pediátrico.

El objetivo de nuestro estudio fue describir la frecuencia de cardiotoxicidad secundaria al uso de antraciclinas en pacientes supervivientes de cáncer, describir la correlación de la frecuencia de cardiotoxicidad relacionada con antraciclinas y la dosis acumulada de antraciclinas. Y la correlación entre los parámetros ecocardiográficos y marcadores cardiacos con factores de riesgo cardiovasculares bioquímicos y clínicos.

Material y métodos.

Se analizaron en esta cohorte a pacientes supervivientes de cáncer en la infancia tratados en una unidad de tercer nivel en fase de vigilancia y en quienes para su tratamiento quimioterápico se usó antraciclinas. Se documentaron variables demográficas, relacionadas a la leucemia, al tratamiento con antraciclina, parámetros ecocardiográficos y marcadores bioquímicos y clínicos.

Se realizó análisis estadístico e inferencia. Para la correlación entre los variables cuantitativas se determinó el coeficiente de correlación de Pearson o Spearman dependiendo de la función de distribución de las variables. Así mismo se realizaron modelos de regresión lineal. Se calculó la frecuencia de cardiotoxicidad en los pacientes supervivientes expuestos a antraciclinas en comparación con el análisis previo al inicio del tratamiento quimioterápico con base en los criterios diagnósticos por FEVI y por strain longitudinal global. Se determinó la prevalencia acorde al número de casos positivos contra el total de pacientes de la muestra determinando el rango con intervalo de confianza a 95%. En cuanto al análisis inferencial realizamos prueba de Wilcoxon y ANOVA para muestras relacionadas no paramétrica entre la FEVI basal previa al tratamiento y la medición de FEVI realizada durante la vigilancia al momento del estudio.

Resultados.

Se consideraron a 34 pacientes candidatos a participar en el estudio, de los cuales se obtuvo una muestra de total de 13 pacientes. Edad promedio al momento del análisis es de 10 años (Q1: 6, Q3: 12); 7 pacientes son mujeres (53.85%) y 6 hombres (46.15%); mediana de edad al diagnóstico es de 10 años (6, 12), mediana de vigilancia al momento del análisis 36 meses (4, 54). 3 pacientes (23.08%) tuvieron leucemia linfoblástica aguda (LLA), 2 pacientes (15.38%) osteosarcoma osteoblastico (OS), 2 pacientes (15.38%) con leucemias mieloides agudas (LMA), 1 paciente (7.69%) con hepatoblastoma (HB), 3 pacientes (23.08%) con tumor de Wilms (TW), 1 paciente (7.69%) con

neuroblastoma (NB), y 1 paciente (7.69%) con tumor de ovario de células granulosas (TO).

En relación con el tratamiento aplicado a los pacientes (tabla 3) podemos observar que, el 61.54% de ellos recibieron doxorrubicina como antraciclina única en su esquema de quimioterapia, el resto de los pacientes recibieron tratamiento con 2 o más antraciclinas dentro de un mismo protrocolo de quimioterapia o derivado de recaida de la enfermedad y necesidad de segundo esquema. Considerando la dosis acumulada total de antraciclinas usadas por cada paciente se obtuvo una mediana de 225 mg/m^2/SC (Q1: 60, Q3: 300). El total de los pacientes evaluados recibieron desrraxozane, y sólo un 23% (2 pacientes) recibió radioterapia con una dosis promedio de 10.8 Gy.

En cuanto a las variables bioquímicas (tabla 4) encontramos que el promedio de la troponina I fue de 0.009 ng/ml (+/- 0.027), el BNP tuvo una mediana de 14.5 pg/ml (Q1:10, Q3:19.2), la mediana del índice cardiotorácico es de 0.46 (Q1: 0.38, Q3: 0.5). La clase funcional de Ross es de cero en todos los casos. 46.15% de los pacientes presentó sobrepeso y el 15.8% presentó obesidad central por una circunferencia de cintura mayor al percentil 90. El 7.69% presentaron tensión arterial mayor al percentil 90, 100% de los pacientes presentaron una glucosa menor a 110mg/dl, 15.38% presentaron colesterol HDL inferior a 40 mg/dl, 69.23% de los pacientes presentaron una concentración de triglicéridos mayor al 110 mg/dl, 4 pacientes 30.76% presentó HOMA coincidente con resistencia a la insulina y 7.69% de los pacientes cumplieron criterios de síndrome metabólico (tabla 4).

Iniciamos el análisis de los parámetros ecocardiográficos (tabla 5) comparando la FEVI previa al tratamiento con la FEVI al momento del estudio. La FEVI previa muestra una mediana de 68% (Q1: 60, Q3: 72), en tanto que la FEVI al momento del estudio tiene una mediana de 67% (Q1: 57, Q3: 69.5). Se realizó una comparación de las medias entre FEVI inicial y FEVI actual (gráfico 1), empleando la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas no paramétricas; el valor p calculado es de 0.55, por lo tanto no hay diferencia significativa entre ambas mediciones de FEVI. Adicionalmente, se efectuó un analisis de varianzas (ANOVA) de un factor para FEVI inicial y FEVI actual, se definió un un intervalo de confianza del 95%; el análisis ANOVA arrojó un valor F de 0.23, con un valor crítico de 4.26. Por lo tanto, se reafirma que no hay diferencia estadística significativa ambas parámetros de FEVI.

Posteriormente comparamos de forma individual ambas mediciones de FEVI y analizamos la clase funcional para determinar, acorde a los criterios de la American Heart Association, la presencia de cardiotoxicidad; de los 13 pacientes analizados unicamente 1 de ellos presentó disminución de al menos 10% respecto a su medición previa al tratamiento sin síntomas, 2 de ellos con una disminución del 5% respecto al estudio basal pero sin síntomas. No se encontraron otros criterios diagnósticos en ninguno de los pacientes. Determinamos una frecuencia relativa de cardiotoxicidad asociada a antraciclinas de 0.0769 con un intérvalo entre 0.0137 a 0.3331.

Adicionalmente para el análisis de la FEVI se determinó correlación de la FEVI previa al tratamiento, la FEVI al momento del estudio y la dosis acumulada de antraciclinas (tabla 6) sin mostrar correlación positiva. El modelo de regresión lineal de dosis total acumulada con FEVI actual tinene un valor de $R^2 = 0.014$ (Gráfico 2).

Analizamos los valores de strain (gráficos 3 y 4). Aplicamos criterios diagnósticos para cardiotoxicidad por antraciclinas por evaluación de la tensión (strain) de deformación miocárdica con un punto de corte menor a -18.5% para el strain longitudinal global (SG) en medición única encontrando a 2 pacientes. Sin posibilidad de aplicar criterios predictivos de cambio en porcentaje de strain al no contar con estudios previos. Por SG tenemos una frecuencia relativa de cardiotoxicidad de 0.1585 (IC 95%; 0.0433 a 0.4223).

Existe un incremento de la relación entre la dosis acumulada total y el Strain global estandarizado, para

posteriormente disminuir esta relación, aproximadamente después de los 200 mgm^2sc (gráfico 5). El modelo de regresión lineal entre dosis total acumulada de antraciclinas y SG no estandarizado tiene un valor de $R^2 = 0.047$, mientras que para el SG estandarizado tiene un valor $R^2 = 0.040$.

Por ultimo se evaluó la relacción entre: Dosis acumulada de antraciclinas y parámetros ecocardiográficos restantes (gráfico 6). El modelo de regresión lineal tiene un valor de $R^2 = 0.8130$. Dosis acumulada de antraciclinas y Troponina (gráfico 7). El modelo de regresión lineal tiene un valor de $R^2 = 0.0037$. Dosis acumulada de antraciclinas y BNP (gráfico 7). El modelo de regresión lineal tiene un valor de $R^2 = 0.0009$. Parámetros clínicos y bioquímicos de riesgo cardiovascular con parámetros ecocardiográficos. El modelo de regresión lineal tiene un valor de $R^2 = 0.419$.

Discusión.

El riesgo de cardiotoxicidad por antraciclinas en nuestra unidad oscila entre el 1.6-3.3% acorde a las dosis acumuladas reportadas y el tiempo de seguimiento (Dosis acumulada de antraciclinas 225 mgm2sc [Q1: 60, Q3 300], con una mediana de vigilancia de 36 meses [Q1: 4, Q3 54]) y lo descrito por la literatura.[21] En nuestro estudio encontramos, por diagnóstico basado en FEVI, una frecuencia de cardiotoxicidad de 7.69%; cifra concordante con lo descrito en otras series donde se reporta frecuencia de 5-20% (Frecuencia <5% con dosis acumuladas de antraciclinas <300 mg/m^2 y frecuencia del 20% con dosis acumuladas de antraciclinas entre 300 y 600 mg/m^2). La frecuencia que reportamos en nuestra muestra es mayor a lo esperado para pacientes con menos de 10 años de seguimiento la cual se reporta de 4.4%. [6, 15-20] En nuestro estudio la fracción de eyección no presenta cambios significativos en comparación de las mediciones pre tratamiento y las mediciones al momento de la evaluación. Tampoco hay una correlación para las dosis acumuladas en los pacientes de nuestro estudio y los tiempos de seguimiento, entre la FEVI y la dosis total acumulada.

La medición de la FEVI es una herramienta relativamente insensible para el diagnóstico de cardiotoxicidad durante la etapa temprana, debido a que el miocardio puede tolerar un daño significativo antes de que se agote el mecanismo compensatorio, lo que da como resultado una disfunción sistólica manifiesta. La tensión o strain miocárdico, que mide la deformación miocárdica, se ha considerado como una medida potencial para identificar una lesión miocárdica subclínica temprana.[25, 26, 27]

En distintas cohortes se ha descrito que una reducción del strain global del 10-11% a los 3 o 6 meses durante el tratamiento o seguimiento predice cardiotoxicidad posterior. La Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía sugiere un porcentaje de cambio del strain longitudinal global >15% durante el tratamiento del cáncer para definir la cardiotoxicidad. La disminución de más de 10% del strain longitudinal es predictivo de cardiotoxicidad subsecuente ($p=0.011$).[16,29] El umbral más específico para identificar la lesión miocárdica subclínica sigue siendo controvertido.[26-30] En nuestro estudio no se determinó el cambio del SG en relación con el tiempo al no contar con una determinación previa.

Por evaluación del strain global longitudinal y punto de corte menor a -18.5% encontramos una frecuencia de cardiotoxicidad del 15.85%. El valor de corte del strain longitudinal para definir cardiotoxicidad es <19% (o índice z menor a 2), con sensibilidad de 74%, especificidad de 73%, VPP de 53% y VPN de 87%. Un estudio retrospectivo publicado en 2022 en pacientes pediátricos con leucemia toma como punto de corte para la definicion de cardiotoxicidad un SG longitudinal menor a -18.5% con una sensibilidad del 83% y especificidad del 72%.[30] Para pacientes pediátricos no hay un valor homogeneo en cuanto a incidencia de cardiotoxicidad evaluado por strain; Sjogborg 2023 reporta incidencia de hasta 40% en pacientes con sarcomas; [31] en una cohorte de pacientes pediátricos se reporta incidencia de cardiotoxicidad asociada a atraciclinas desde 4.8% hasta 10.6%;[32] Niemela 2021 reporta una frecuencia strain global alterado en supervivientes de cáncer

pediátrico tratados con antraciclinas (SG <17.5%) de 11% (muestra de 90 pacientes) en su cohorte.[33]

En el estudio de correlación del strain global y seccional con la dosis total acumulada de antraciclinas no se identificaron hallazgos representativos, no obstante se observa la tendencia a un comportamiento bifásico donde con dósis menore a 200 mgm2sc el strain se mantiene entre -1 y +2 (valores estandarizados) para posterior a esta dósis comenzar a descender. Este fenómeno coincide en la cercanía de la mitad de la dósis tope acumulada de antraciclina (200-300 mgm^2SC) y es progresivo con menor SG a mayor dosis acumulada.[34-35]

La mayoría de los estudios describen la disminución del strain en relación con el tiempo de tratamieto en mediciones durante esta fase. Zhao y colaboradores en 2020 reporta desde el segundo ciclo de tratamiendo una disminución no inferior al punto de corte diagnóstico del SG longitudinal con $p < 0.05$ pero con cambios del strain longitudinal de la pared libre del ventrículo derecho desde el primer ciclo con antraciclinas (p 0.001).[36] Sawaya en 2012 describe la disminución del strain longitudinal y la elevación de la troponina I después de 3 meses como predictiva de cardiotoxicidad en los siguientes 6 meses y el número de segmentos anormales (disminución del strain longitudinal mayor de 10%) después de 3 meses también es un factor predictivo de cardiotoxicidad ($p=< 0.01$).[29] En este mismo estudio teniendo en cuenta cambios en SG y troponina I como marcadores pronósticos se encuentra un valor predictivo negativo confiable, con 3% de probabilidad de decremento de la FEVI a 3 meses en pacientes sin disminución mayor de 10% del strain longitudinal y elevación de la troponina.[29] No es posible en nuestra muestra calcular valores predictivos. Es necesario realizar una evaluación en el tiempo a los pacientes y compararlos con el estandar diagnóstico que corresponde a la RMI.

El rol de los marcadores bioquímicos es igualmente importante para establecer el diagnóstico y como factor predictivo. La troponina I (TI) se ha encontrado elevada (> 0.50 ng/ml) en 30-34% de los pacientes que reciben quimioterapia cardiotóxica en las 12 y 72 horas posteriores. Como indicador pronóstico una cifra de TI > 0.01-0.08 ng/ml, elevaciones tempranas en el tratamiento o concentraciones elevadas durante un mes mostraron mayor decremento de la FEVI y aumento de 85% del riesgo de eventos cardiacos.[16] Otros estudios reportan que la troponina ultrasensible no fue un predictor independiente de cardiotoxicidad pero, como se menciona antes, su medición combinada con aumenta la sensibilidad de los biomarcadores de 74% a 87% y VPN del 91%.[16,29] El péptido natriurético cerebral (BNP) con un valor de corte de 40ng/L se ha asociado a evolución con insuficiencia cardiaca en pacientes con leucemia y como predictor para insuficiencia cardiaca congestiva (sensibilidad de 83.3% (CI 52-97%) y especificidad de 90.2% (CI 86-94%)) con punto de corte de 51.3 ng/L en pacientes con cáncer de mama.[16] En nuestro estudio encontramos únicamente a un paciente (7.69%) con BNP en 76 ng/L y dos pacientes (15.38%) con TI de 0.1 ng/dl, únicamente uno de ellos con SG limítrofe en -18.5%.

En nuestro centro 100% de los pacientes recibieron este fármaco. En un metanálisis de 2011 a 2017 que revisó en su mayoría estudios aleatorizados reporta una incidencia de insuficiencia cardíaca entre los pacientes que recibieron dexrazoxano más antraciclina (11/769, 1.4%) significativamente menor que en los pacientes que recibieron antraciclina sola (69/792, 10%; RR: 0.18, IC 95%: 0.10–0.32; $p < 0,001$).[39] Ello puede contribuir, hasta el momento de seguimiento de nuestros pacientes, a la baja frecuencia de cardiotoxicidad.

Conclusiones.

En nuestro estudio utilizando FEVI y SG por ecocardiografía como mediciones centrales encontramos una frecuencia relativa de cardiotoxicidad de 7.69% y 15.85% respectivamente, siendo esto similar a lo reportado en la literatura. En cuanto a la correlación de dosis acumulada de antraciclina y cardiotoxicidad secundaria encontramos un comportamiento bifásico del SG con relación a la dosis de antraciclina; el SG comienza a descender después de dosis total acumulada superior a 200 mgm2sc. No se encontró una correlación entre

FEVI, SG y otros parámetros ecocardiográficos y bioquímicos con factores de riesgo cardiovascular.

Referencias bibliográficas.

1. 1. International Agency for Research on Cancer. GLOBOCAN: estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2018. Lyon, France: IARC; Dic 2018 Dec. [Consultado Abril 2021] Disponible en: http://globocan.iarc.fr/
2. 2. Centro Nacional para la Salud de la Infancia y Adolescencia. Cáncer Infantil en México [Internet]. Gob.mx. [Consultado Abil 2021]. Disponible en: https://www.gob.mx/salud%7Ccensia/articulos/cancer-infantil-en-mexico-130956
3. Comportamiento Epidemilógico del Cáncer en menores de 18años, México 2008-2014.
4. Wooward E. et al. Late effects in survivors of teenage and young adult cancer: does age matter? Annals of Oncology , 2011. 22, 2561–2568.
5. Woo, J. et al. Increasing and Worsening Late Effects in Childhood Cancer Survivors during Follow-up. J Korean Med Sci 2013. 28. 755-762.
6. Saro, H. et al. Childhood Cancer Survivorship: An Update on Evolving Paradigms for Understanding Pathogenesis and Screening for Therapy-Related Late Effects. Curr Opin Pediatr. 2013. 25. 16–22.
7. de Moor, S. et al. Cancer Survivors in the United States: Prevalence across the Survivorship Trajectory and Implications for Care. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2013. 22. 561–70.
8. Weendy L. et al. Surveillance for Late Effects in Childhood Cancer Survivors. J Clin Oncol. 2018. 36 (21). 2216-2222.
9. Hoffmanm, et al. Deficits in Physical Function Among Young Childhood Cancer Survivors. JCO. 2012. 47. 2799-2805.
10. McClellan W. et al. Understanding the functional late effects and informational needs of adult survivors of childhood cancer. Oncol Nurs Forum. 40. 254–262. 2013
11. Cuevas-Urióstegui, M. L., Villasís-Keever, M. A., & Fajardo-Gutiérrez, A. (2003). The epidemiology of cancer in adolescents. salud pública de méxico, 45(S1), 115-123.
12. Siegel, R. et al. Cancer Treatment and Survivorship Statistics, 2012. Ca cancer j clin. 2012. 62:220-241.
13. Ward, E. et al. Childhood and Adolescent Cancer Statistics, 2014. Ca Cancer J Clin 2014. 64. 83-103
14. Thomas D. et al. Cardiovascular Toxicities in Pediatric Cancer Survivors. Cardiol Clin 2019. 37. 533.544.
15. Lax J, Piñeiro D. Consenso de diagnóstico, prevención y tratamiento de la cardiotoxicidad por tratamiento médico del cáncer. Rev Argent Cardiol. 2013;81(6):530–6.
16. Hurtado SN, Mejía AMC, Sanabria AC. Cardiotoxicidad por quimioterapia Un enfoque práctico para el clínico [Internet]. Insuficienciacardiaca.org. [Consultado Abril 2021]. Disponible en: http://www.insuficienciacardiaca.org/pdf/v6n3_pdf%20en%20baja/131revisionNavarrete.pdf
17. Neha Bansal, Shahnawaz Amdani, Emma R. Lipshultz & Steven E. Lipshultz. Chemotherapy-Induced Cardiotoxicity in Children, Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology. 2018. DOI: 10.1080/17425255.2017.1351547
18. Yoo J. et al. Early Detection and Serial Monitoring of Anthracycline- Induced Cardiotoxicity Using T1-mapping Cardiac Magnetic Resonance Imaging: An Animal Study. Nature. Scientific Report. 2017. 7. 2663. 1-10.
19. Franco V & Lipshultz S. Cardiac complications in childhood cancer survivors treated with anthracyclines. Cardiology in the Young. 2015. 25 (2). 107–116.
20. Meaney E. Meaney A. & Ceballos G. Medición y Monitorizacion del daño Cardiaco por Antraciclinas. GAMO. 2009. 8. 3. 68-77.
21. Vicente B. et al. Cardiotoxicidad por Antracíclicos. Med Int Mex. 2015. 31.5. 567-577.
22. Salas J. & Perez J. Cardiotoxicidad de los Quimioterápicos tipo antraciclinas de la lista oficial de medicamentos de la caja Costarricense del Seguro Social. Rev Costarricense de Cardiología. 2018. 20. 2. 44-47.
23. Cantor P. et al. Presentation, Diagnosis and Medical Management of Heart Failure in Children: Canadian Cardiovascular Society Guidelines. Canadian Journal of Cardiology. 2013. 29. 1535-1552.
24. Ross R. The Ross Classification for Heart Failure in Children after 25 years: A review and an Age-

Stratified Revision. Pediatr Cardiol. 2012. 33. 1295-1300.
25. Van der Pal, H.J. et al. High Risk of Syntomatic Cardiac Events in Childhood Cancer Survivors. J. Clin. Oncl. 30, 1429-1437 (2012).
26. Controversies in the definition of cardiotoxicity: Do we care? (n.d.). American College of Cardiology. Retrieved February 14, 2023, from https://www.acc.org/latest-in-cardiology/articles/2016/07/07/14/59/controversies-in-the-definition-of-cardiotoxicity
27. Schwartz, R. G., Jain, D., & Storozynsky, E. (2013). Traditional and novel methods to assess and prevent chemotherapy-related cardiac dysfunction noninvasively. Journal of Nuclear Cardiology: Official Publication of the American Society of Nuclear Cardiology, 20(3), 443–464. https://doi.org/10.1007/s12350-013-9707-1.
28. Thavendiranathan, P., Poulin, F., Lim, K.-D., Plana, J. C., Woo, A., & Marwick, T. H. (2014). Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review. Journal of the American College of Cardiology, 63(25 Pt A), 2751–2768. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.01.073.
29. Sawaya, H., Sebag, I. A., Plana, J. C., Januzzi, J. L., Ky, B., Tan, T. C., Cohen, V., Banchs, J., Carver, J. R., Wiegers, S. E., Martin, R. P., Picard, M. H., Gerszten, R. E., Halpern, E. F., Passeri, J., Kuter, I., & Scherrer-Crosbie, M. (2012). Assessment of echocardiography and biomarkers for the extended prediction of cardiotoxicity in patients treated with anthracyclines, taxanes, and trastuzumab. Circulation. Cardiovascular Imaging, 5(5), 596–603. https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.97332.
30. Jashari, H., Rydberg, A., Ibrahimi, P., Bajraktari, G., Kryeziu, L., Jashari, F., & Henein, M. Y. (2015). Normal ranges of left ventricular strain in children: a meta-analysis. Cardiovascular Ultrasound, 13(1), 37. https://doi.org/10.1186/s12947-015-0029-0.
31. Alpman MS, Jarting A, Magnusson K, Manouras A, Henter J-I, Broberg AM, et al. Longitudinal strain analysis for assessment of early cardiotoxicity during anthracycline treatment in childhood sarcoma: A single center experience. Cancer Rep [Internet]. 2023 [citado el 22 de abril de 2024];6(9). Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37354068/
32. Kouwenberg TW, van Dalen EC, Feijen EAM, Netea SA, Bolier M, Slieker MG, et al. Acute and early-onset cardiotoxicity in children and adolescents with cancer: a systematic review. BMC Cancer [Internet]. 2023;23(1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s12885-023-11353-9
33. Niemelä J, Ylänen K, Suominen A, Pushparajah K, Mathur S, Sarkola T, et al. Cardiac function after cardiotoxic treatments for childhood cancer—left ventricular longitudinal strain in screening. Front Cardiovasc Med [Internet]. 2021;8. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2021.715953
34. Gonzalez-Manzanares, R., Castillo, J. C., Molina, J. R., Ruiz-Ortiz, M., Mesa, D., Ojeda, S., Anguita, M., & Pan, M. (2022). Automated global longitudinal strain assessment in long-term survivors of childhood acute lymphoblastic leukemia. Cancers, 14(6), 1513. https://doi.org/10.3390/cancers14061513.
35. Marwick, T. H. (2022). Global longitudinal strain monitoring to guide cardioprotective medications during anthracycline treatment. Current Oncology Reports, 24(6), 687–694. https://doi.org/10.1007/s11912-022-01242-y
36. Zhao, R., Shu, F., Zhang, C., Song, F., Xu, Y., Guo, Y., Xue, K., Lin, J., Shu, X., Hsi, D. H., & Cheng, L. (2020). Early detection and prediction of anthracycline-induced right ventricular cardiotoxicity by 3-dimensional echocardiography. JACC. CardioOncology, 2(1), 13–22. https://doi.org/10.1016/j.jaccao.2020.01.007.
37. Caliskan, M., Kosger, P., Ozdemir, Z. C., Ucar, B., & Bor, O. (2021). Evaluation of cardiotoxic effects of anthracyclines by tissue Doppler imaging in survivors of childhood cancer. Turkish Archives of Pediatrics, 56(5), 492–498. https://doi.org/10.5152/TurkArchPediatr.2021.20233
38. Qiu, S., Zhou, T., Qiu, B., Zhang, Y., Zhou, Y., Yu, H., Zhang, J., Liu, L., Yuan, L., Yang, G., Duan, Y., & Xing, C. (2021). Risk factors for anthracycline-induced cardiotoxicity. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 8, 736854. https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.736854
39. Reichardt, P., Tabone, M.-D., Mora, J., Morland, B., & Jones, R. L. (2018). Risk-benefit of dexrazoxane

for preventing anthracycline-related cardiotoxicity: re-evaluating the European labeling. Future Oncology (London, England), 14(25), 2663–2676. https://doi.org/10.2217/fon-2018-0210.

40. van Dalen, E. C., Caron, H. N., Dickinson, H. O., & Kremer, L. C. (2011). Cardioprotective interventions for cancer patients receiving anthracyclines. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016(6), CD003917. https://doi.org/10.1002/14651858.CD003917.pub4
41. Araujo-Gutierrez, R., Chitturi, K. R., Xu, J., Wang, Y., Kinder, E., Senapati, A., Chebrolu, L. B., Kassi, M., & Trachtenberg, B. H. (2021). Baseline global longitudinal strain predictive of anthracycline-induced cardiotoxicity. Cardio-Oncology, 7(1), 4. https://doi.org/10.1186/s40959-021-00090-2.
42. Charbonnel, C., Convers-Domart, R., Rigaudeau, S., Taksin, A. L., Baron, N., Lambert, J., Ghez, S., Georges, J.-L., Farhat, H., Lambert, J., Rousselot, P., & Livarek, B. (2017). Assessment of global longitudinal strain at low-dose anthracycline-based chemotherapy, for the prediction of subsequent cardiotoxicity. European Heart Journal Cardiovascular Imaging, 18(4), 392–401. https://doi.org/10.1093/ehjci/jew223.
43. Dobson, R., Ghosh, A. K., Ky, B., Marwick, T., Stout, M., Harkness, A., Steeds, R., Robinson, S., Oxborough, D., Adlam, D., Stanway, S., Rana, B., Ingram, T., Ring, L., Rosen, S., Plummer, C., Manisty, C., Harbinson, M., Sharma, V., … British Society of Echocardiography (BSE) and theBritish Society of Cardio-Oncology (BCOS). (2021). BSE and BCOS guideline for transthoracic echocardiographic assessment of adult cancer patients receiving anthracyclines and/or trastuzumab. JACC. CardioOncology, 3(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/j.jaccao.2021.01.011.

Anexo.

Tabla 1. Criterios diagnósticos y clasificación de cardiotoxicidad secundaria a quimioterapia con antraciclinas.[15]

Criterios diagnósticos:	Clasificación:
1: Cardiomiopatía con diminución de la fracción de eyección. 2: Presencia de síntomas de falla cardiaca. 3: Presencia de signos de falla cardiaca. 4: Disminución de al menos 5% de la fracción de eyección basal o fracción de eyección de ventrículo izquierdo (FEVI) > 55% con síntomas. 5: Disminución de más del 10% de la FEVI basal o FEVI < 55% sin síntomas.	Grado I: reducción de fracción de eyección del 5-20% respecto del basal. Grado II: reducción mayor al 20% o caída debajo de lo normal (<55%). Grado III: aparición de síntomas de insuficiencia cardíaca.

Tabla 2. Dosis acumulada de antraciclinas asociada a cardiotoxicidad.

Antraciclina.	Dosis acumulada mg/m2SC.
Doxorrubicina**	60[19] – 240[14,16] – 350/450[20].*
Doxorrubicina plegilada liposomal	Dosis equivalente***
Daunorrubicina	700-900-1000. [15,20, 22]
Epirrubicina	223. [15]
Idarrubicina	800-935. [14,15]
Mitoxantrona	100-140. [22]

* mg/m2 de superficie corporal (SC).
** Doxorrubicina es el ejemplo clásico de Antraciclina, con base a ella se consideran las dosis tóxicas, inicialmente se describe que una dosis acumulada de 450 mg/m^2/SC se relaciona con cardiotoxicidad, estudios posteriores indican riesgo a partir de 240 mg/m^2/SC donde ya se observan cambios histopatológicos: también se ha descrito toxicidad incluso con una dosis única de 60 mg/m^2/SC. [15, 16, 19, 20.] Para definir la dosis tóxica del resto de antraciclinas se hace referencia a sus dosis equivalentes (anexo 1).
*** Igualmente se ha descrito el riesgo en relación con las neoplasias que requieren de dosis altas (> 250 mg/m^2/SC) o dosis bajas (<250 mg/m^2/SC) de antracíclicos.

Tabla 3. Tratamientos recibidos por los pacientes.

Característica	Tratamientos.	n (%)
Esquema de tratamiento	Daunorrubicina + Doxorrubicina	3 (23.08%)
	Daunorrubicina + Mitoxantrona	1 (7.69%
	Doxorrubicina	8 (61.54%)
	Idarrubicina + Daunorrubicina + Mitoxantrona	1 (7.69%)
Dosis acumulada total*	-	225 (60, 300)*
Desrraxozane	Sí	13 (100%)
Radioterapia	No	10 (76.92%)
	Sí	3 (23.08%)
Dosis radioterapia**	-	10.8

* Miligramos por metro cuadrado de superficie corporal; presentados como mediana y rangos intercuartílicos.
** Greys (ambos pacientes recibieron la misma cantidad de radioterapia).

Tabla 4. Parámetros antropométricos, clínicos y bioquímicos.

Característica	Categorías	Resultados
Troponina I (ng/ml)*	-	0.009 (+/- 0.027)
BNP (pg/ml)**	-	14.5 (10, 19.2)
Índice Cardiotorácico **	-	0.46 (0.38, 0.5)
Escala Ross Modificada (puntos). **	-	0
Índice de masa corpotal. ***	Desnutrición.	2 (15.38%)
	Normal.	5 (38.46%)
	Sobrepeso	6 (46.15%)
	Obesidad	0.
Obesidad central (CC >p90)	-	2 (15.38%)
Presión arterial sistólica mayor a percentil 90 para edad y sexo. ***	-	1 (7.69%)
Glucosa mayor a 100 mm/dl. ***	No	13 (100%)
c-HDL menor a 40 mg/dl. ***	No	11 (84.62%)
	Sí	2 (15.38%)
Triglicéridos mayor a 110 mg/dl. ***	No	4 (30.77%)
	Sí	9 (69.23%)
Insulina (U/ml)**	-	9.2 (5, 15.5)
Resistencia a la insulina por índice de HOMA >3.16.**	-	2 (0.9, 3.6)
Síndrome metabólico ***	No	12 (92.31%)
	Sí	1 (7.69%)

CC: Cirunferencia de cintura.
* Media y desviación estandar.
** Mediana y rangos intercuartílicos.
*** Frecuencia absoluta y frecuencia relativa.

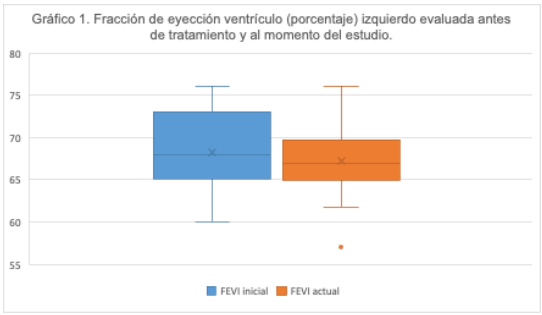
Tabla 5. Parámetros ecocardiográficos al momento de la evaluación.

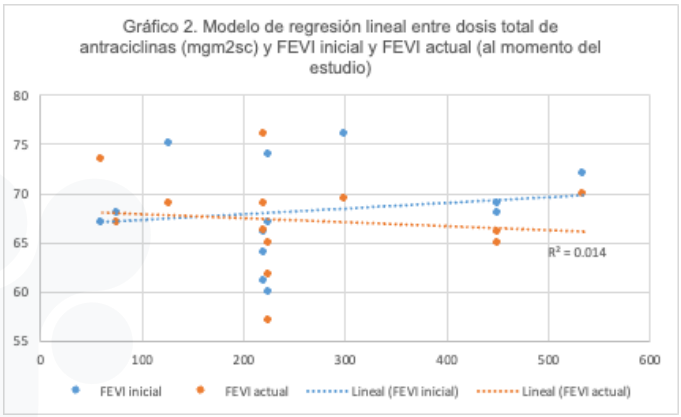
Nombre	Parámetro no estandarizado. Mediana (Q1,Q3)	Parámetro estandarizado. Mediana (Q1,Q3)
FEVI basal*	68 (60, 72)	-
FEVI**	67 (57, 69.5)	-
FA	46..1 (35, 50)	-
PSAP	25 (17, 28)	-
TAPSE	20 (13.5, 21)	-0.47 (-4.29, 0.38)
MAPSE	14.3 (12.7, 15)	0.08 (-1.34, 1.74)
RVD	26 (20, 28)	1.27 (0.19, 1.75)
LVEDD	36.8 (29, 38.6)	-1.67 (-2.83, -0.47)
STRAIN BASE	-20 (-25, -19.7)	-0.02 (-0.8, 0.74)
STRAIN APEX	-17.8 (-29, -15.4)	-0.71 (-3.5, 1.43)
STRAIN MEDIO	-21.9 (-29, -19.4)	-1.57 (-3.1, - 0.06)
STRAIN GLOBAL	-19.5 (-27, -18.9)	-0.53 (-2.9, 0.71).

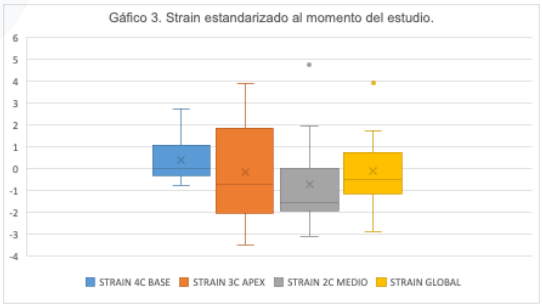
FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo; FA: Fracción de acortamiento del ventrículo derecho; PSAP: Presión sistólica de la arteria pulmonar; TAPSE: Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo; MAPSE: Desplazamiento sistólico del anillo mitral; RVD: Diámetró diastólico del ventrículo derecho; LVEDD: Diámetro del ventrículo izquierdo al final de la diástole; Strain: Deformidad miocardica.
* Determinación de FEVI previo al inicio de tratamiento con antraciclínas.
** Determinación de FEVI posterior al tratamiento con antraciclínas durante el periodo de vigilancia.

Tabla 6. Matríz de correlaciones entre la dosis total acumulada de antraciclinas y la FEVI por análisis de Spearman.

	Dosis acumulada de antraciclinas	FEVI basal	FEVI actual
Dosis acumulada de antraciclinas	1		
FEVI basal	0.14	1	
FEVI actual	-0.01	0.13	1







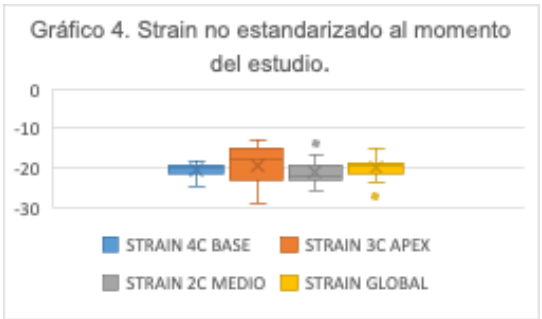


Gráfico 5. Modelo de regresión lineal entre dosis total acumulada de antraciclinas y Strain Global estandarizado al momento del estudio.

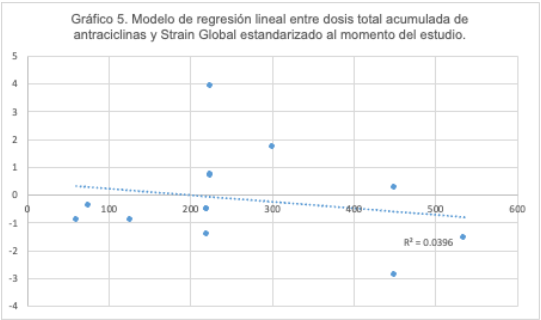
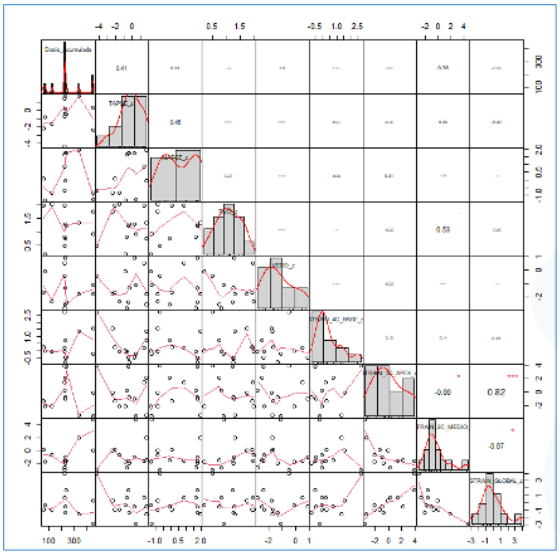


Gráfico 6. Diagrama de dispersión entre la Dosis total acumulada de antraciclinas y parámetros ecocardiográficos estandarizados.



Análisis químico y efecto vasodilatador de las partes aéreas de *Heliopsis longipes.*

Juan José Romero-Tovar[1,2], Gabriela Victoria Ruiz-Castillo[1,2], Alejandra Rojas-Molina[2], César Ibarra-Alvarado[2] y Pedro Alberto Vázquez-Landaverde[3]

[1] Posgrado en Ciencias Químico Biológicas, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, C.P. 76010, Querétaro, Qro, México. jromero40@alumnos.uaq.mx, gruiz05@alumnos.uaq.mx

[2] Laboratorio de Investigación Química y Farmacológica de Productos Naturales, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, C.P. 76010, Querétaro, Qro., México. rojasa@uaq.mx, cibarra@uaq.mx

[3] Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnológica Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Querétaro, Cerro Blanco No. 141, Colinas del Cimatario, C.P. 76090, Querétaro, Qro, México. pavazquez@ipn.mx

Resumen

Las plantas medicinales, las cuales son fuentes muy valiosas de compuestos bioactivos, han contribuido significativamente al descubrimiento y desarrollo de numerosos fármacos. *Heliopsis longipes*, o chilcuague, es tradicionalmente usado para calmar dolores musculares, de muelas y como desparasitante e insecticida. Investigaciones previas de nuestro grupo de trabajo han mostrado que los extractos etanólicos de sus raíces tienen efectos vasodilatadores y antihipertensivos, atribuidos principalmente a la afinina, su compuesto mayoritario. Sin embargo, hasta ahora, las partes aéreas de *H. longipes* (flores y hojas) no han sido objeto de estudios farmacológicos y se desconoce si contienen compuestos bioactivos. En este estudio se realizó un análisis de los extractos de diclorometano y metanólico de las flores y hojas de esta especie vegetal, mediante CG-EM y UPLC-QTOF/EM y se determinó su efecto vasodilatador. Se identificaron 36 compuestos en las raíces, siendo afinina el compuesto mayoritario (78.21 % de abundancia). En las hojas y flores se identificaron 72 y 73 compuestos, respectivamente, destacando el γ-eudesmol y la asarinina, además de algunos ácidos grasos, ésteres y terpenoides. Los análisis de espacio químico y t-SNE evidenciaron la variada composición metabólica de *H. longipes* y su adaptación funcional a diferentes necesidades ecológicas. Se comprobó que los extractos de diclorometano de hojas, flores y semillas ejercen un efecto vasodilatador, de los cuales, el extracto de hojas mostró el mayor efecto; los extractos metanólicos también indujeron vasodilatación, especialmente los de flores. Estos hallazgos sugieren que las partes aéreas de *H. longipes* contienen moléculas vasodilatadoras prometedoras para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

Palabras clave: *H. longipes*, partes aéreas, CG-EM, UPLC-QTOF/EM, ensayo de vasodilatación *ex-vivo*.

Abstract

Medicinal plants, which are valuable sources of bioactive compounds, have significantly contributed to the discovery and development of numerous drugs. *Heliopsis longipes*, or chilcuague, is traditionally used to soothe muscle pain, toothache, and as a dewormer and insecticide. Previous research by our research group has shown that ethanolic extracts of its roots have vasodilatory and antihypertensive effects, attributed mainly to affinin, its major compound. However, until now, the aerial parts of *H. longipes* (flowers and leaves) have not been the subject of pharmacological studies yet, and it is unknown whether they contain bioactive compounds. In this study, the dichloromethane and methanolic extracts of H. longipes flowers and leaves were analyzed by GC-MS and UPLC-QTOF/MS. In addition, their vasodilator activity was evaluated. 36 compounds were identified in the roots, being affinin the major one (78.21 % abundance). 72 and 73 compounds were found in the leaves and flowers, respectively, including γ-eudesmol and asarinin, as well as fatty acids, esters and terpenoids. Chemical space analysis and t-SNE showed the varied metabolic composition of *H. longipes* and its functional adaptation to different ecological needs. Our results indicated that the dichloromethane extracts from leaves, flowers and

seeds exert a significant vasodilatory effect, and the extract of the leaves showed the highest maximum effect. Methanolic extracts also elicited vasodilation. These findings suggest that the aerial parts of *H. longipes* contain promising vasodilatory molecules which could represent hit compounds for the development of drugs to treat cardiovascular diseases.

Keywords: *H. longipes*, aerial parts, GC-MS, UPLC-QTOF/MS, *ex-vivo* vasodilation assay.

Introducción

La exploración de las plantas medicinales y sus aplicaciones tradicionales ha sido fundamental tanto para el descubrimiento de nuevos fármacos, como para la preservación del conocimiento ancestral. Alrededor del 35 % de los fármacos aprobados por la FDA se originaron directa o indirectamente a partir de productos naturales. Las plantas son una fuente muy importante de agentes terapéuticos, que incluyen compuestos puros o fitomedicamentos. De manera particular, los productos naturales, entre los que destacan los metabolitos secundarios, constituyen la materia prima para el desarrollo de medicamentos complejos y semisintéticos, prototipos para el diseño de compuestos líderes y representan también marcadores taxonómicos (Domingo-Fernández *et al.*, 2024).

En estudios previos, se ha demostrado que los extractos orgánicos preparados a partir de la raíz de *Heliopsis longipes* poseen actividad vasodilatadora, antihipertensiva, antinociceptiva, y antiinflamatoria, entre otras actividades farmacológicas. La principal molécula responsable de estos efectos es su alcamida mayoritaria: la afinina (Bakondi *et al.*, 2019; De La Rosa-Lugo *et al.*, 2017; Luz-Martínez *et al.*, 2024; Valencia-Guzmán *et al.*, 2021). A la fecha no se han realizado estudios químicos y farmacológicos sobre las partes aéreas de esta especie vegetal (hojas y flores), de tal forma que se desconocen las potenciales aplicaciones que estas partes de la planta podrían tener, limitando su aprovechamiento.

El perfilado de metabolitos mediante técnicas como la CG-EM (cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas) y la UPLC-EM (cromatografía líquida ultra alta eficiencia acoplada a espectrometría de masas) desempeñan un papel central en los análisis químicos, permitiendo una adecuada separación e identificación. La CG-EM permite el análisis directo de compuestos volátiles siendo eficaz para metabolitos no polares como ácidos grasos y terpenos en extractos vegetales, mientras que la UPLC-EM es ideal para mezclas complejas que incluyen compuestos polares no volátiles (Bansal *et al.*, 2024).

El descubrimiento de nuevos compuestos vasodilatadores tiene relevancia, ya que éstos podrían representar prototipos estructurales para el desarrollo de fármacos útiles para tratar enfermedades cardiovasculares (ECVs), las cuales son una de las principales causas de muerte a nivel mundial. Los accidentes cerebrovasculares continúan siendo la segunda causa de mortalidad a nivel mundial, mientras que, en México estas enfermedades son también la principal causa de mortalidad, representando aproximadamente el 20% de las muertes, con las enfermedades cardíacas isquémicas en la cima de las estadísticas. Desde 1990, la mortalidad por las ECVs ha aumentado, reflejando la creciente prevalencia de factores de riesgo como la obesidad, la dislipidemia y la hipertensión, exacerbados por cambios en los hábitos alimenticios y el estilo de vida (Godoy-Valderrama *et al.*, 2024; Mendoza-Herrera *et al.*, 2019).

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo general realizar un análisis químico y determinar el efecto vasodilatador de extractos orgánicos obtenidos a partir de las partes aéreas de *H. longipes*.

Metodología

Recolección de especímenes de *H. longipes*

Se recolectaron plantas silvestres de *H. longipes* (n = 3) en Beltrán, Xichú, Guanajuato, México (21° 16′15.5856" N, 100° 3′11.4624"O). Los especímenes fueron identificados y depositados en el Herbario “Jerzy Rzedowski” de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Obtención de extractos

Las hojas, flores, raíces y semillas se secaron a temperatura ambiente en oscuridad por 14 días y, tras molienda, se maceraron con diclorometano durante 7 días. El solvente se retiró por rotaevaporación hasta la pérdida completa de color y el material recuperado se sometió al mismo procedimiento con metanol. A fin de facilitar la presentación de los resultados, los extractos de diclorometano se denominaron DM y los metanólicos Me. Esta nomenclatura se complementó adicionando una letra correspondiente a la parta de la planta: R (raíz), F (flores), H (hojas) y S (semillas).

Análisis de los extractos de diclorometano por CG-EM

Los extractos de diclorometano (10 mg) fueron disueltos con 10 µL de diclorometano grado HPLC en viales de 2 mL. Se inyectaron 5 µL de cada muestra con un automuestreador, bajo las condiciones descritas a continuación.

La temperatura del inyector se estableció en 280 °C, con un modo de inyección Split 2:1. Como gas acarreador se utilizó helio con una pureza del 99.999 % y un flujo de 1 mL/min. La separación se llevó a cabo en una columna capilar DB-5MS de 60 m de longitud, 250 µm de diámetro y 0.25 µm de espesor de fase. El detector utilizado fue un espectrómetro de masas cuadrupolar modelo 5975C de Agilent Technologies®. La programación de temperatura para el análisis fue la siguiente: inició a 40 °C durante 10 minutos, luego aumentó a 140 °C a una velocidad de 3 °C/min durante 20 minutos. Posteriormente, se incrementó a 220 °C a 3 °C/min durante 5 minutos, seguido de un aumento a 300 °C a 10 °C/min durante 10 minutos, y finalmente, se mantuvo a 230 °C durante 2 minutos.

Una vez separados, los analitos ingresaron al espectrómetro de masas, configurado con una fuente de ionización de impacto electrónico a 70 eV y un factor de ganancia de 1. El analizador cuadrupolar trabajó en combinación con un detector de copa de Faraday. Las temperaturas de operación incluyeron 280 °C en la línea de transferencia, 230 °C en la fuente de ionización y 150 °C en el cuadrupolo, con un rango de exploración de 33 a 600 unidades de masa atómica (u.m.a). La identificación de los analitos se llevó a cabo mediante comparación directa de los espectros de masas obtenidos con los espectros de referencia de la biblioteca NIST Mass Spectra Library® 2019.

Análisis los de extractos metanólicos por UPLC-QTOF/EM

Los extractos metanólicos (1.5 mg) fueron disueltos en 1 mL de metanol grado masas. Se sonicaron durante 15 minutos y se filtraron utilizando membranas de nailon con un tamaño de poro de 0.45 µm. Se tomó una alícuota de 100 µL, la cual se diluyó hasta 1 mL con la fase móvil correspondiente, para después inyectarse en el equipo en triplicado bajo las condiciones descritas enseguida.

La fase estacionaria empleada fue una columna BEH C18 (Waters®) de dimensiones 2.1 × 100 mm y 1.7 µm de tamaño de partícula. La fase móvil consistió en un gradiente entre Fase A (acetonitrilo) y Fase B (agua acidificada con ácido fórmico al 1%). Se utilizó un flujo de 0.4 mL/min y un volumen de inyección de 6 µL, con un tiempo de análisis de 60 minutos. La detección se llevó a cabo mediante un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo HP6210 (Agilent Technologies®).

Los analitos separados ingresaron al espectrómetro de masas, configurado para un barrido de absorbancia de 210 a 600 nm, utilizando canales específicos en 214, 280, 320, 360, y 520 nm (este último en modo positivo). La ionización se efectuó en modo negativo con análisis en MSE. Para la baja energía se aplicó una colisión de 6 eV, mientras que para alta energía se empleó una rampa de 15 a 45 eV. Las condiciones de la fuente fueron las siguientes: temperatura de la fuente a 120°C, temperatura de desolvatación a 450 °C, argón como gas de colisión, flujo de desolvatación de 50 L/h y de 800 L/h, y voltaje de cono de 40 V. Para la corrección de masas, se utilizó Leucina Encefalina a 200 pg/µL, con un flujo de 10 µL/min.

Las condiciones específicas del espectrómetro de masas fueron las siguientes: se utilizó una fuente de ionización por electroespray (ESI), un analizador de tiempo de vuelo VION IMS (ToF) en modo de

ionización negativa, con una temperatura del gas de secado de nitrógeno de 350°C, un flujo de gas de secado de 11 L/min, voltaje del capilar de 2 kV, voltaje del fragmentador de 220 kV, presión de nebulización de 45 psi y un rango de exploración de 50 a 1800 unidades de masa atómica (u.m.a.).

El análisis de datos fue realizado mediante el Software Unifi 1.9 SR 4, empleando bibliotecas especializadas del Laboratorio Especializado en Análisis de Alimentos, The University of Mississippi Botanical Library y The University of Ottawa Phytochemical Library y una biblioteca de compuestos fenólicos elaborada con un enfoque quimiotaxonómico de 1495 compuestos. Luego, se compararon los espectros de masas obtenidos con los reportados en bases de datos como The Human Metabolome Database (HMDB), FooDB versión 1.0, y MassBank of North America, considerando la presencia de al menos tres picos coincidentes en el espectro experimental.

Cuantificación de afinina por HPLC-DAD

Se realizó una curva de calibración de afinina (15-90 µg/mL). Los extractos orgánicos (2 mg) se disolvieron en 1 mL de etanol grado HPLC, se sonicaron durante 15 minutos y se filtraron a través de una membrana de nailon con un tamaño de poro de 0.45 µm. Se tomó una alícuota de 100 µL de la muestra y se diluyó a 1 mL con la fase móvil. Las muestras se inyectaron por triplicado, siguiendo las condiciones experimentales detalladas a continuación.

Se empleó una columna ZORBAX® ECLIPSE XDB-C8 (4.5×150 mm, tamaño de partícula de 5 µm y tamaño de poro de 120 Å). La fase móvil consistió en una mezcla de acetonitrilo y agua con un 1 % de ácido acético en una proporción 1:1. El flujo se mantuvo a 1 mL/min, con un volumen de inyección de 20 µL. El sistema se operó en modo isocrático, con un tiempo de análisis de 9 minutos. La detección se realizó mediante arreglo de diodos (DAD) para la región UV-Vis, utilizando una longitud de onda de 236 nm (Marrero-Morfa *et al.*, 2023).

Ensayo de vasodilatación *ex-vivo*

Las ratas macho Wistar (200-250 g) fueron sacrificadas por decapitación, utilizando una guillotina (NOM-062-ZOO-1999, apartado 9.5.3.3). La aorta torácica descendente fue extraída y sumergida en una solución oxigenada de Krebs-Henseleit a baja temperatura, con la siguiente composición: 126.8 mM de NaCl, 5.9 mM de KCl, 2.5 mM de $CaCl_2$, 1.2 mM de $MgSO_4$, 1.2 mM de KH_2PO_4, 30 mM de $NaHCO_3$ y 5 mM de *d*-glucosa (pH = 7.4). Posteriormente, se realizó un lavado inmediato de la aorta con la solución de Krebs-Henseleit para prevenir la formación de coágulos intravasculares. La aorta fue limpiada de tejido adiposo y conectivo, y se seccionará en anillos de 4 a 5 mm. Estos anillos aórticos se colocaron entre ganchos de acero inoxidable y se suspendieron en baños de órganos de 7 mL con solución oxigenada de Krebs-Henseleit (95 % O_2 y 5 % CO_2) a 37°C.

Una vez colocados, se ajustaron los segmentos aórticos a la tensión de reposo de 1.5 g y, posteriormente, se contrajeron con 100 mM de KCl. Una vez alcanzada una contracción estable, se restableció el medio de baño para recuperar una tensión de reposo de 1.5 g. Posteriormente, los tejidos se contrajeron con 1 µM de L-fenilefrina y se registró la fuerza de contracción desarrollada, la cual se definió como el 100 %.

A continuación, se añadió acetilcolina (ACh) y los extractos, disueltos en agua desionizada al baño de órganos, alcanzando concentraciones finales de 0.2 ng/mL a 2 mg/mL y 1 µg/mL a 3 mg/mL, respectivamente. La tensión isométrica fue medida mediante un transductor de fuerza-desplazamiento Grass FT03 conectado a un polígrafo Grass 7D®. Los resultados se expresaron como porcentaje de la contracción inicial lograda con L-fenilefrina (Ibarra-Alvarado *et al.*, 2010).

Análisis Estadístico

Los resultados del efecto vasodilatador se reportaron como la media ± desviaciones estándar (n = 4) con 4 réplicas. Los datos se ajustaron a una ecuación sigmoidal al obtener las curvas concentración

respuesta y se determinaron las concentraciones efectivas medias (CE_{50}), empleando el software Prism 10®. Las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron por análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por Tukey (p <0.05).

Gráficos de espacio químico en 5D

Se realizaron gráficos de espacio químico empleando el software Datawarrior v06.02.05 introduciendo la notación SMILES de todos los compuestos encontrados en la CG-EM. Se obtuvieron los siguientes descriptores moleculares: FragFP (fragmentation fingerprint), peso molecular, LogP (coeficiente de partición octanol:agua), PSA (área superficial polar), fracción de carbonos sp^3, donadores y aceptores de puentes de hidrógeno. Con los descriptores de realizaron diferentes gráficos de reducción de la dimensionalidad: t-SNE y UMAP a diferentes dimensiones y probando diferentes descriptores encontrando una buena agrupación con el gráfico t-SNE empleando LogP en X, peso molecular en Y, fracción de carbonos sp^3 en Z, PSA en el tamaño de las esferas y la similitud (FragFP) con respecto a la afinina en el color (Sander *et al.*, 2015).

Resultados y discusión

Compuestos identificados por CG-EM

El gráfico de espacio químico no polar en 5D (**Figura 1**) permite visualizar la distribución de los metabolitos presentes mediante el uso de descriptores que son valores numéricos que expresan una característica molecular. Cada punto en este gráfico representa una molécula específica encontrada en CG-EM.

Los descriptores empleados fueron:

1. Fracción de carbonos sp^3 (Eje x): La proporción de átomos de carbono en la molécula que tienen enlaces simples.
2. LogP (Eje y): Una medida de la lipofilia de una molécula.
3. Peso Molecular (Eje z): La masa total de una molécula.
4. FragFP (Color): Similitud estructural SMILES de los compuestos respecto a la afinina.
5. Área superficial polar (tamaño de la esfera): la suma de la superficie de todos los átomos o moléculas polares, principalmente oxígeno y nitrógeno.

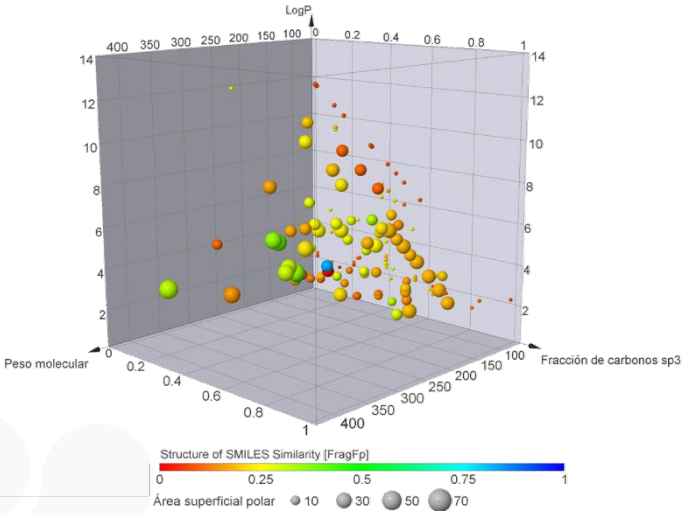


Figura 1. Gráfico de espacio químico no polar en 5D.

Los puntos grandes, que representan moléculas con una mayor área superficial polar, se encuentran en la región de pesos moleculares más altos (en la parte derecha del eje X). Esto es lógico, ya que las moléculas más grandes tienden a tener más grupos funcionales polares, lo que aumenta su área superficial. En contraste, las moléculas con pesos moleculares más bajos (a la izquierda del gráfico) tienden a tener áreas superficiales polares más pequeñas (esferas más pequeñas), lo que es consistente con su menor tamaño general.

Las moléculas con alta fracción de carbonos sp^3 (en la parte superior del eje Z) suelen tener una distribución bastante uniforme en cuanto a LogP. Estas moléculas tienden a ser más tridimensionales, lo cual puede mejorar su capacidad de interactuar con dianas biológicas complejas, como proteínas. Los compuestos con una baja fracción de carbonos sp^3 (en la parte inferior del gráfico) parecen estar más concentradas en rangos medios o bajos de LogP, lo que sugiere que tienden a ser más planas o aromáticas, y, por lo tanto, menos lipofílicas.

Por otra parte, la distribución de los metabolitos en el gráfico t-SNE (**Figura 2**) muestra una clara diferenciación de los metabolitos por su clasificación en función de la parte de la planta de la que provienen. Los hidrocarburos y ácidos grasos (clasificados en las categorías 2 y 3) tienden a agruparse en la parte izquierda del gráfico, destacando su fuerte presencia en las raíces. Estos compuestos hidrofóbicos son esenciales para la protección y estructura de las raíces, lo que permite a la planta soportar condiciones ambientales adversas.

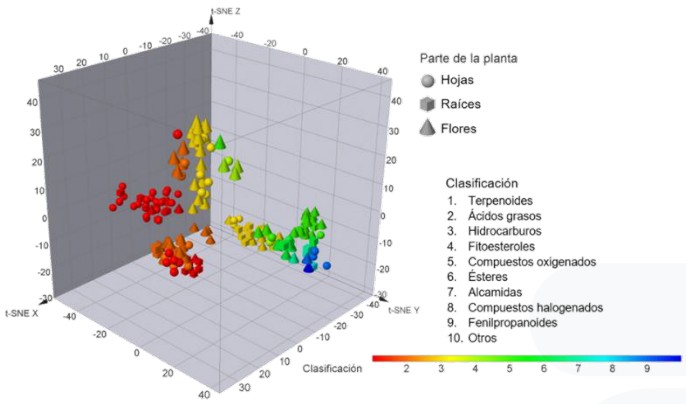


Figura 2. Gráfico t-SNE no polar de *H. longipes*.

Los terpenoides (categoría 1) están distribuidos en varias regiones del gráfico, aunque su concentración más alta se encuentra en las flores, donde juegan un papel crucial en la defensa química y la atracción de polinizadores. Por su parte, los compuestos oxigenados y ésteres (categorías 5 y 6) se distribuyen tanto en flores como en hojas, sugiriendo su importancia en los procesos metabólicos y de defensa en ambas partes aéreas de la planta.

Finalmente, los fenilpropanoides y compuestos halogenados (categorías 8 y 9) aparecen mayoritariamente en las hojas. Estos compuestos, altamente reactivos, participan en mecanismos de defensa y señalización en las partes aéreas de la planta, protegiéndola de herbívoros y agentes patógenos.

Las alcamidas constituyen el 78.21 % del área total de los 36 compuestos identificados en las raíces, siendo la afinina (**Figura 3A**) y la N-(2-metilbutil)-(2*E*,6*Z*,8*E*)-decatrienamida las más abundantes.

Los terpenoides representan una abundancia del 41.67 % en hojas con 72 compuestos identificados y el γ-eudesmol (**Figura 3B**) fue el mayoritario.

Los ácidos grasos y sus derivados integran el 29.16 % de los compuestos identificados en flores, sin embargo, la asarinina (**Figura 3C**) destaca como el compuesto mayoritario a pesar de que los lignanos constituyeron solo el 3.82 %.

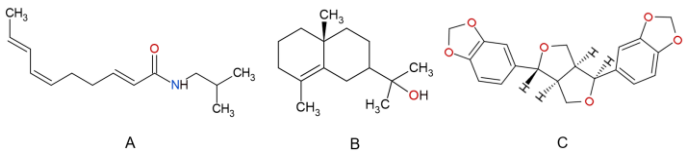


Figura 3. Compuestos mayoritarios identificados en CG-EM. A) Afinina en raíces. B) γ-eudesmol en hojas. C) Asarinina en flores.

Compuestos identificados por UPLC-QTOF/EM

Los flavonoides glicosilados (**Cuadro 1**) predominan en las flores, representando el 33.3% del total, mientras que los ácidos hidroxicinámicos son los compuestos más abundantes en las hojas (41.7%) y semillas (44.4%). Los ácidos grasos se encuentran principalmente en las raíces (40%) y semillas (11.1%), aunque su representación es considerablemente menor en las flores y hojas. En las raíces, la distribución de los compuestos es más equilibrada, con un 40% de ácidos grasos y un 40% de flavonoides, además de un 20% de tocoferoles.

Cabe destacar que la diversidad de compuestos es significativamente mayor en las flores, que albergan 18 compuestos, en comparación con las raíces, que solo contienen 5. Esta diferencia sugiere que las flores pueden desempeñar un papel más complejo y variado en las funciones biológicas de la planta.

Cuadro 1. Compuestos identificados en extractos metanólicos mediante UPLC-QTOF/EM

No	Nombre	Clasificación	TR (min)	Ión molecular (m/z)	Error de masa (mDa)
RAÍCES					
1	Ácido linoleico	Ácido graso	19.53	279.23	0.6
2	Florizina	Flavonoide	7.24	435.13	0.4
3	Ácido palmítico	Ácido graso	20.61	255.23	0.2
4	β-tocotrienol	Tocoferol	22.48	409.31	-1.2

5	Floretina	Flavonoide	7.25	273.08	-0.3
FLORES					
1	Miricetina-3-O-galactósido	Flavonoide glicosilado	5.49	479.08	0.4
2	Naringenina-7-O-glucósido	Flavonoide glicosilado	6.92	433.11	0.9
3	Cinarina	Ácido hidroxicinámico	6.57	515.12	0
4	Paeonósido	Terpenoide	5.94	609.15	-0.8
5	Miricetina	Flavonoide	6.56	317.03	0.1
6	Hiperósido	Flavonoide glicosilado	6.1	463.09	-1
7	6-Geranilnaringenina	Flavonoide	19.35	407.19	0.6
8	Ácido palmítico	Ácido graso	20.6	255.23	-0.1
9	Quercetina 3-O-glucurónido	Flavonoide glicosilado	5.49	477.07	-0.8
10	β-tocotrienol	Tocoferol	22.48	409.31	-0.1
11	Ácido linoleico	Ácido graso	19.52	279.23	-0.2
12	Ácido clorogénico	Ácido hidroxicinámico	4.22	353.09	0
13	Solabiosa	Oligosacárido	0.59	341.11	-1.5
14	Termiarjunosido II	Terpenoide	6.55	679.37	1.2
15	Ácido p-cumárico	Ácido hidroxicinámico	4.41	163.04	-0.3
16	Apigetrina	Flavonoide glicosilado	6.06	431.10	-0.1
17	Enmein	Diterpenoide	17.68	361.17	-0.3
18	Cnicina	Sesquiterpenoide lactónico	16.05	377.16	0.5
HOJAS					
1	Cinarina	Ácido hidroxicinámico	6.58	515.12	-0.1
2	Ácido clorogénico	Ácido hidroxicinámico	6.59	353.09	0.9
3	Ácido quínico	Ácido hidroxicinámico	4.22	191.06	-0.2
4	Kaempferol-3-O-Rutinosido	Flavonoide glicosilado	6.43	593.15	-1.9
5	Quercetina 3-O-robinobiósido	Flavonoide glicosilado	5.96	609.14	-1.6
6	6-Geranilnaringenina	Flavonoide	19.38	407.19	0.5
7	β-tocotrienol	Tocoferol	22.49	409.31	-0.4
8	Primulaverina	Terpenoide glicosilado	4.18	475.15	-0.6
9	Glucósido de Juglona	Quinona glicosilada	6.57	335.08	-0.5
10	Ácido cafeico	Ácido hidroxicinámico	4.28	179.03	-0.3
11	Ácido rosmarínico	Ácido hidroxicinámico	4.28	359.08	0.2
12	Tricina 5-glucósido	Flavonoide glicosilado	3.9	491.12	2.3
SEMILLAS					
1	Cinarina	Ácido hidroxicinámico	6.57	515.12	-0.1
2	Ácido clorogénico	Ácido hidroxicinámico	6.58	353.09	0
3	Solabiosa	Oligosacárido	0.63	341.11	0.7
4	Ácido 1-cafeoilquínico	Ácido hidroxicinámico	4.2	353.09	0.3
5	β-tocotrienol	Tocoferol	22.48	409.31	-1
6	Ácido linoleico	Ácido graso	17.8	279.23	0.1
7	6-Gingerol	Fenilpropanoide	11.88	293.18	0
8	Isoodoratol	Sesquiterpenoide	22.15	473.36	-0.8
9	Glucósido de Juglona	Quinona glicosilada	6.57	335.08	-1

Cuantificación de afinina en los extractos orgánicos

En la **Figura 4**, se muestra la cuantificación de afinina en los diferentes extractos. Los extractos de MeR y DMR, exhibieron valores de concentración de afinina significativamente elevados en comparación con las demás. El extracto de MeR presenta una concentración de 149.00 ± 0.14 mg/g, mientras que el extracto de DMR tiene la concentración más alta registrada, con un valor de 324.15 ± 0.73 mg/g.

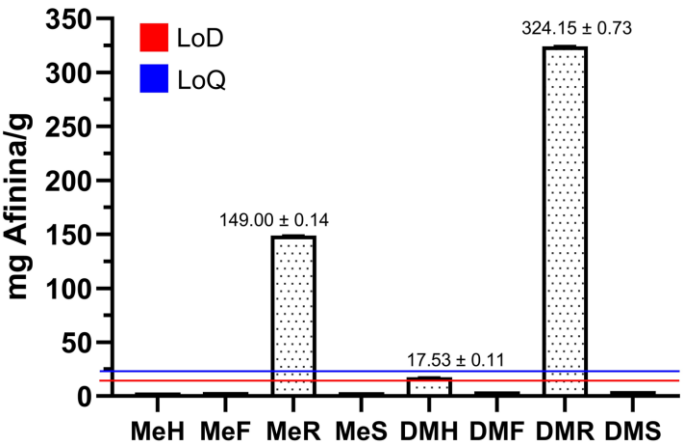


Figura 4. Cuantificación de afinina en los extractos orgánicos. Los datos se expresaron como la media ± DE (n = 3).

Por otro lado, el extracto de DMH muestra una concentración de 17.53 ± 0.11 mg/g, que también está

por encima de los límites de detección (LoD) y cuantificación (LoQ), pero en una cantidad mucho menor comparada con MeR y DMR. Las restantes muestras (MeH, MeF, MeS, DMH y DMS) parecen estar por debajo del límite de detección y, por lo tanto, se deduce que no contienen afinina.

Efecto vasodilatador

Las curvas dosis-respuesta se muestran en la **Figura 5**. La acetilcolina (ACh) se empleó como el control positivo debido a su efecto vasodilatador endógeno. La ACh muestra una CE_{50} de 9.305 µM y un $E_{máx}$ de 67.88 %, lo que significa que se requiere una baja concentración para alcanzar la mitad de su efecto máximo, reflejando una alta potencia. El extracto DMH se distingue por su alto $E_{máx}$ de 150.8 %, lo que indica que es capaz de generar un efecto vasodilatador máximo muy elevado en comparación con los otros extractos, sin embargo, su CE_{50} de 570.6 µM es significativamente mayor que la de la afinina (27.05 µM), lo que implica que se requieren concentraciones mucho más altas de DMH para alcanzar la mitad de su efecto máximo lo que sugiere una baja potencia, aunque su alta eficacia.

Los extractos DMF y DMS muestran propiedades intermedias tanto en términos de potencia como de eficacia. DMF tiene un CE_{50} de 16.72 µM y un $E_{máx}$ de 29.25 %, lo que indica que se requiere una concentración moderada para alcanzar su efecto a la mitad de su capacidad máxima, pero el $E_{máx}$ relativamente bajo sugiere que su capacidad total de vasodilatación es limitada en comparación con otros extractos. DMS, por su parte, tiene un CE_{50} de 56.61 µM y un $E_{máx}$ de 25.37 %, lo que lo coloca como un extracto que necesita una mayor concentración que DMF para alcanzar su efecto medio, pero con una eficacia ligeramente menor. Ambos extractos ofrecen una eficacia moderada y requieren concentraciones relativamente bajas en comparación con DMH, aunque no alcanzan su potencial máximo de efecto.

El extracto MeR mostró un $E_{máx}$ de 124.9 % y una CE_{50} de 208.4 µM, esta alta eficacia la logra debido a que también la afinina se encuentra presente en este extracto, aunque en menor proporción que en el extracto de DMR.

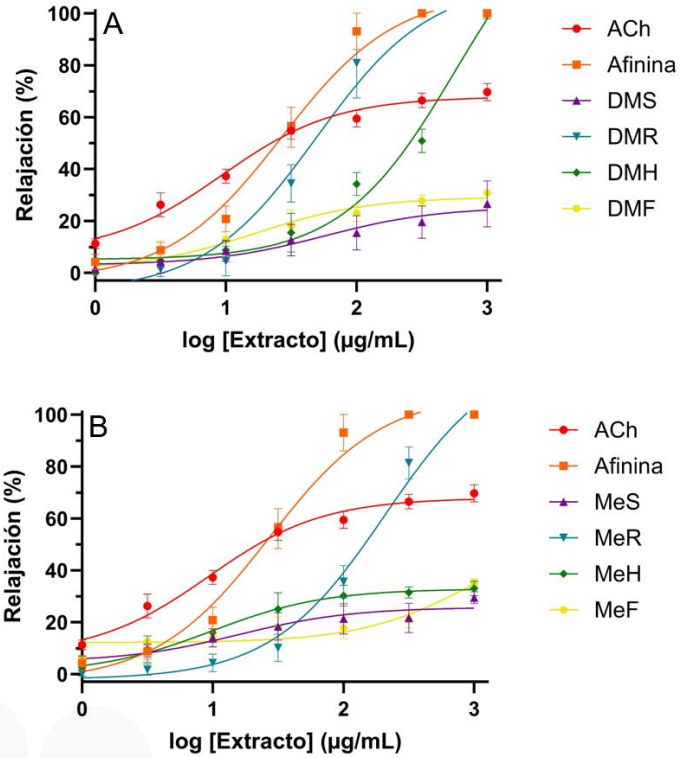


Figura 5. Curvas dosis-respuesta del ensayo de vasodilatación. A) Extractos de diclorometano. B) Extractos metanólicos. Los datos se expresaron como la media ± DE ($n = 4$), $p < 0.05$.

El extracto MeS, por su parte, muestra una CE_{50} de 15.71 µM y un $E_{máx}$ de 25.72 %, lo que indica que tiene una potencia alta pero una eficacia relativamente baja en comparación con MeR y DMH. Aunque es capaz de actuar rápidamente a bajas concentraciones, el efecto máximo que puede lograr es limitado, lo que lo posiciona como un compuesto de interés en situaciones donde se necesiten efectos vasodilatadores moderados con dosis bajas.

El extracto MeH se encuentra entre los menos efectivos, con un $E_{máx}$ de 32.89% y un CE_{50} de 9.764 µM, lo que refleja una potencia relativamente alta, pero una eficacia moderada. Finalmente, el extracto MeF tiene un $E_{máx}$ de 57.47 % y un CE_{50} de 1005 µM, lo que lo posiciona como el extracto menos potente y eficaz entre los analizados.

Conclusiones

En este estudio, se identificó que los extractos de diclorometano obtenidos de las hojas, flores y semillas de *H. longipes* mostraron actividad

vasodilatadora, destacando el extracto de las hojas como el de mayor efecto máximo. Asimismo, los extractos metanólicos de estas mismas partes de la planta indujeron un efecto vasodilatador moderado, siendo el extracto de las flores el de mayor actividad máxima. Entre los compuestos volátiles predominantes en el extracto de diclorometano de las hojas se encontraron γ-eudesmol (15.05 %), (+)-rosifoliol (2.35 %) y ácido n-hexadecanoico (1.2 %), mientras que en el extracto correspondiente de las flores se identificaron asarinina (3.82 %), ácido n-hexadecanoico (2.22 %) y γ-sitosterol (0.74 %), ninguno de los cuales tiene reportada actividad vasodilatadora. La afinina fue detectada únicamente en los extractos de diclorometano de las raíces y las hojas, así como en los extractos metanólicos de las raíces, con concentraciones de 324.15 ± 0.73, 149 ± 0.14 y 17.53 ± 0.11 mg/g de extracto, respectivamente. Por otro lado, los principales compuestos polares hallados en las hojas, flores, semillas y raíces fueron compuestos fenólicos, cuyo contenido resultó mayor en las hojas y flores en comparación con las raíces y semillas. Esto podría deberse a la exposición de las partes aéreas de la planta a factores de estrés como la radiación ultravioleta. Finalmente, las hojas de *H. longipes* se perfilan como una fuente prometedora de moléculas vasodilatadoras, lo que sugiere su potencial en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

Agradecemos al FONFIVE-UAQ (FQU202418) por el financiamiento de la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Bakondi, E., Singh, S. B., Hajnády, Z., Nagy-Pénzes, M., Regdon, Z., Kovács, K., Hegedűs, C., Madácsy, T., Maléth, J., Hegyi, P., Demény, M. Á., Nagy, T., Kéki, S., Szabó, É., & Virág, L. (2019). Spilanthol Inhibits Inflammatory Transcription Factors and iNOS Expression in Macrophages and Exerts Anti-inflammatory Effects in Dermatitis and Pancreatitis. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(17), 4308. https://doi.org/10.3390/ijms20174308

Bansal, Y., Mujib, A., Mamgain, J., Syeed, R., Mohsin, M., Nafees, A., Dewir, Y. H., & Mendler-Drienyovszki, N. (2024). Integrated GC-MS and UPLC-ESI-QTOF-MS based untargeted metabolomics analysis of in vitro raised tissues of Digitalis purpurea L. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1433634. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1433634

De La Rosa-Lugo, V., Acevedo-Quiroz, M., Déciga-Campos, M., & Rios, M. Y. (2017). Antinociceptive effect of natural and synthetic alkamides involves TRPV1 receptors. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *69*(7), 884–895. https://doi.org/10.1111/jphp.12721

Domingo-Fernández, D., Gadiya, Y., Preto, A. J., Krettler, C. A., Mubeen, S., Allen, A., Healey, D., & Colluru, V. (2024). Natural Products Have Increased Rates of Clinical Trial Success throughout the Drug Development Process. *Journal of Natural Products*, *87*(7), 1844–1851. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.4c00581

Godoy-Valderrama, N. B., Aguilar Vásquez, R., & Valero Cedeño, N. J. (2024). Epidemiología de las enfermedades cardiovasculares: Una revisión narrativa. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, *8*(1), 61–74. https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v8.n1.2024.61-74

Ibarra-Alvarado, C., Rojas, A., Mendoza, S., Bah, M., Gutiérrez, D. M., Hernández-Sandoval, L., & Martínez, M. (2010). Vasoactive and antioxidant activities of plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of cardiovascular diseases. *Pharmaceutical Biology*, *48*(7), 732–739. https://doi.org/10.3109/13880200903271280

Luz-Martínez, B. A., Marrero-Morfa, D., Luna-Vázquez, F. J., Rojas-Molina, A., & Ibarra-Alvarado, C. (2024). Affinin, Isolated from Heliopsis longipes, Induces an Antihypertensive Effect That Involves CB1 Cannabinoid Receptors and TRPA1 and TRPV1 Channel Activation. *Planta Medica*, *90*(05), 380–387. https://doi.org/10.1055/a-2244-8855

Marrero-Morfa, D., Ibarra-Alvarado, C., Luna-Vázquez, F. J., Estévez, M., Ledesma, E. M., Rojas-Molina, A., & Quirino-Barreda, C. T. (2023). Self-microemulsifying system of an ethanolic extract of Heliopsis longipes root for enhanced solubility and release of affinin. *AAPS Open*, *9*(1), 17. https://doi.org/10.1186/s41120-023-00086-5

Mendoza-Herrera, K., Pedroza-Tobías, A., Hernández-Alcaraz, C., Ávila-Burgos, L., Aguilar-Salinas, C. A., & Barquera, S. (2019). Attributable Burden and Expenditure of Cardiovascular Diseases and Associated Risk Factors in Mexico and other Selected Mega-Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(20), 4041. https://doi.org/10.3390/ijerph16204041

Sander, T., Freyss, J., Von Korff, M., & Rufener, C. (2015). DataWarrior: An Open-Source Program For Chemistry Aware Data Visualization And Analysis. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *55*(2), 460–473. https://doi.org/10.1021/ci500588j

Valencia-Guzmán, C. J., Castro-Ruiz, J. E., García-Gasca, T., Rojas-Molina, A., Romo-Mancillas, A., Luna-Vázquez, F. J., Rojas-Molina, J. I., & Ibarra-Alvarado, C. (2021). Endothelial TRP channels and cannabinoid receptors are involved in affinin-induced vasodilation. *Fitoterapia*, *153*, 104985. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.104985

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y POSGRADO

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

MEMORIA
NOVIEMBRE 2024

12° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS

UAQ | CRECER EN LA DIVERSIDAD

INDICE

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Nanocompositos electrohilados de zeína/AgNP para empaque activo.	**Vargas Almaraz, Jorge; Soto Martínez, Karen Magaly; Mendoza Díaz, Sandra Olimpia.**
Degradación de las aflatoxinas en maíz con CO2 y su actividad citotóxica.	Orlando Hernández Suárez, Anai Zavala Franco, Marcela Gaytán Martínez.
Agrobiodiversidad y gastronomía de Pinal de Amoles, Querétaro.	María Guadalupe Hernández Leal, Dra. Rosalinda González Santos, Luis Gerardo Hernández Sandoval, Jesús Luna Cozar, Felipe Manuel Ferrusca Rico, Hugo Castillo Gómez.
Distribución y diversidad del género Dahlia Cav. en Querétaro, México.	Gabriela Sánchez-Mendoza, Rosalinda González-Santos, Patricia Herrera-Paniagua, Luis Hernández-Sandoval.
Predicción de péptidos vacunales contra simbiontes de Rhipicephalus microplus.	Rufino Martínez, Irvin Aradt, Corona Guerrero, Ivan, Mosqueda Gualito, Juan Joel.
Estabilidad de cobre en un material de referencia de cobre.	Karen Andrea Razo Pérez, Paola Itzel Gutiérrez Cabello, Adrián Sosa Domínguez, Francisco Javier Martínez Ríos, María Del Rocío Arvizu Torres.
Nanopartículas como estrategia para el control de Fusarium oxysporum.	Adrian Salcedo Gómez, Karen Esquivel Escalante, Fidel Landeros Jaime, José Antonio Cervantes Chávez.
Expresión de genes fotosintéticos bajo estrés hídrico en tomate.	Ledesma-Valladolid Juan Pablo, Nava-Morales Gerardo Manuel, Mercado-Silva Edmundo Mercado.
Alimentos funcionales que favorecen el desarrollo digestivo de lechones.	Gerardo Ruiz Mendiola, Tércia Césaria Reis De Souza; Teresita De Jesús Hijuitl Valeriano; Samantha Bautista Marín; Gerardo Mariscal Landín.
Evaluación de bioestrategia para el manejo postcosecha del tomate.	Mendoza Jiménez Daniel, Reyes Pool Héctor Paul, Abraham Juárez María Del Rosario, Esquivel Naranjo Ulises, Landeros Jaime Fidel Y Cervantes Chávez José Antonio.
Una Salud: Análisis de resistencia a antibióticos.	Amanda De La Caridad Lahera Champagne, David Gustavo García-Gutiérrez, Alma Delia Bertadillo-Jilote, Karla Isabel Lira De León, G. M. Nava-Morales.
Estabilidad de Arginina bajo condiciones de la Tierra primitiva.	Josué Fabián Díaz Aguilar, Alicia Negrón Mendoza.

Nanocompositos electrohilados de zeína/AgNP para empaque activo.

Vargas Almaraz, Jorge[1a]; Soto Martínez, Karen Magaly[2]; Mendoza Díaz, Sandra Olimpia[1*].

[1]UAQ, Facultad de Química, Querétaro, México. [2]CINVESTAV, Unidad Querétaro, México.

[a]Contacto: vargasjorge256@gmail.com

*Correspondencia: smendoza@uaq.mx

Resumen

En los últimos años, el desarrollo de polímeros ha permitido satisfacer numerosas necesidades mediante productos especializados. Sin embargo, la contaminación generada durante su ciclo de vida ha causado preocupación creciente. La búsqueda de materiales sostenibles que puedan reemplazar a los polímeros es una prioridad actual en ciencia y tecnología.

En el ámbito de la tecnología de alimentos, se busca desarrollar materiales de empaque que prolonguen la vida útil de los productos, cumplan con los requisitos de seguridad alimentaria y, además, sean ecológicos y funcionales. Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un nanocompuesto a través de la técnica de electrohilado, utilizando zeína como matriz polimérica e incorporando nanopartículas de plata (AgNP), obtenidas mediante un método de síntesis verde a partir del extracto del fruto de pirul (*Schinus molle* L.).

Los resultados indicaron que el ácido gálico fue el compuesto mayoritario en el extracto de pirul, según los análisis realizados por HPLC-DAD, y es considerado el principal responsable de la biosíntesis de las nanopartículas. El tamaño y el potencial Z de las AgNP fueron de 89.03 nm y -28.73 mV, respectivamente.

La caracterización fisicoquímica de los nanocompositos en términos de contenido de humedad, solubilidad en agua y espesor mostró un aumento del 3.303 % en la humedad, de 23.175 % en la solubilidad en agua, y de 0.75 mm en el espesor tras la incorporación de las AgNP. Estas modificaciones en las propiedades fisicoquímicas, especialmente en la solubilidad, sugieren una mayor degradabilidad, una característica clave en la búsqueda de empaques sostenibles.

Palabras clave: nanocomposito, electrohilado, nanoparticulas de plata, empaque activo, degradabilidad.

Summary

In recent years, the development of polymers has helped meet many social needs through specialized products. However, the environmental impact of these products throughout their life cycle has become a growing concern. Therefore, the search for sustainable materials to replace polymers is one of the main goals of modern science and technology.

In the field of food science and technology, the development of new packaging materials aims not only to extend the shelf life of products and meet food safety requirements, but also to be environmentally friendly and functional. The aim of this project was to develop a nanocomposite using electrospinning technique with zein as polymer matrix and silver nanoparticles (AgNPs). The AgNPs were obtained by a green synthesis method using extracts of pirul fruit (*Schinus molle* L.).

The results suggest that the gallic acid was the major compound in the pirul fruit extract according to HPLC-DAD analysis which mainly contributed to the biosynthesis of the nanoparticles. The size and z-potential of AgNPs were 89.03 nm and -28.733 mV, respectively.

The physicochemical characterization of the nanocomposites in terms of moisture content, water solubility and thickness showed an increase of 3.303% in moisture content, 23.175% in water solubility and 0.75 mm in thickness after incorporation of AgNPs. These changes in

physicochemical properties, especially in water solubility, suggest increased degradability, a key feature in the search for sustainable packaging.

Key Words: nanocomposite, electrospinning, silver nanoparticles, active packaging, degradability.

1. Introducción

Los materiales de empaque utilizados en la industria alimentaria tienen como objetivo preservar la seguridad y la calidad de los productos durante las diferentes etapas de la cadena de suministro, protegiéndolos de factores físicos, químicos, biológicos y ambientales. Esto se hace para prolongar su vida útil en el envase. Debido a su bajo costo, facilidad de procesamiento y propiedades físicas, los plásticos a base de petróleo se han utilizado ampliamente como materiales de empaque tradicional. Los materiales como los nanocompositos, por otro lado, brindan la posibilidad de utilizar materiales ligeros, innovadores, con buenas propiedades y ecológicos que pueden ser una alternativa viable como materiales de empaque activo (Ahari & Soufiani, 2021).

Las películas derivadas de biomasa han ganado interés, pero sus deficientes propiedades fisicoquímicas limitan su uso en empaque (Perera *et al*., 2022). Para mejorar estas características, se han desarrollado nanocompositos mediante la mezcla de biomasa con nanomateriales, lo que enriquece las propiedades funcionales del material compuesto resultante (Shi *et al*., 2023).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un material nanocompuesto utilizando zeína como biopolímero e incorporar nanopartículas de plata (AgNP) sintetizadas mediante un método verde a partir de extractos de frutos de pirul (*Schinus molle* L.). Además, se evaluó el efecto de las AgNP sobre las propiedades fisicoquímicas del nanocomposito resultante.

2. Metodología

2.1 Obtención del extracto de Schinus molle L

El extracto acuoso se obtuvo utilizando 10 g de semilla seca y molida de pirul en 100 mL de agua desionizada, empleando un procesador ultrasónico. El proceso se llevó a cabo en baño de hielo, con una amplitud del 25 %, durante 15 minutos. Finalmente, el extracto fue filtrado y refrigerado (Díaz-de-Cerio *et al*., 2017).

2.2 Actividad antioxidante del extracto

La actividad antioxidante se determinó siguiendo la metodología estándar de estabilización de radicales ABTS y expresando los resultados como porcentaje de inhibición.

2.3 Perfil de compuestos fenólicos mediante HPLC-DAD

La identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos presentes en el extracto se realizó utilizando un sistema HPLC de la serie 1100 (Agilent Technologies, CA, USA) con un análisis con detector de arreglo de diodos. Se siguió la metodología propuesta por Sánchez-Quezada *et al*. (2023) con algunas modificaciones.

2.4 Formación de las nanoparticulas de plata (AgNP)

La formación de las AgNP se realizó con base a la metodología propuesta por Tesfaye *et al*. (2023) con algunas modificaciones. Se estudió el efecto del pH, la concentración del extracto acuoso y la concentración del precursor (AgNO3) sobre la formación de las AgNP. La síntesis se logró bajo agitación constante durante 60 min a 40 ± 2 °C, empleando una relación de precursor-extracto (v/v) de 8:2 respectivamente. Todas las soluciones se prepararon en agua desionizada.

2.5 Espectrofotometría UV-Vis

La biosíntesis de AgNP se analizó a través de la resonancia de plasmon superficial mediante el uso de un espectrofotómetro UV- Vis (SpectraMax 190) en el rango de longitud de onda de 300 – 700 nm (Melkamu & Bitew, 2021).

2.6 Dispesión Dinámica de Luz (DLS)

El tamaño hidrodinámico de las AgNP se determinó con un Nano Zetasizer (Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, UK).

2.7 Soluciones para electrohilado

La preparación de las soluciones poliméricas se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Erdogan *et al*. (2015), con algunas modificaciones. Cada

solución contenía un 30 % (w/v) de zeína en una mezcla de etanol absoluto y agua destilada en una proporción 75:25. Para los compósitos, se incorporaron nanopartículas de plata (AgNP) a una concentración de 100 µg/mL. En todas las soluciones se midieron la conductividad eléctrica y la viscosidad aparente (Antunes *et al*., 2017).

2.8 Electrohilado de los nanocompositos.

El proceso de electrohilado se llevó a cabo con un flujo de 1 mL h^{-1}, una distancia al colector de 20 cm y una duración de 4 horas.

2.9 Propiedades fisicoquímicas de los nanocompositos

2.9.1 Espesor

El espesor de las películas se determinó utilizando un micrómetro digital (LCD, Shanrya) con una resolución de 0.001 mm, realizando cinco mediciones en zonas aleatorias (Yao *et al*., 2022).

2.9.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad de los nanocompositos se determinó por diferencia de peso de acuerdo a la norma ASTM D5229.

2.9.3 Solubilidad en agua

La solubilidad de los nanocompositos se determinó siguiendo la metodología de Karim *et al*. (2020). Muestras de 2x2 cm^2 fueron deshidratadas (105 °C/24 h) y posteriormente sumergidas en agua para determinar el porcentaje de masa disuelta en agua, evaluado a través de la pérdida de peso.

2.10 Microscopía óptica

La inspección superficial de las películas se realizó con un microscopio óptico (Leica Modelo DM750).

3. Resultados

El procesamiento del extracto resultó en un rendimiento promedio del 32.55 % en función de la masa disuelta. Al evaluar la capacidad antioxidante del extracto mediante la técnica ABTS, se obtuvo un 59.95 % de inhibición.

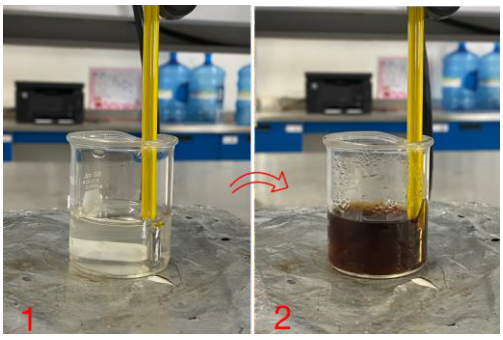
Mediante la técnica de HPLC-DAD, se identificaron y cuantificaron los compuestos fenólicos más abundantes en el extracto, utilizando la comparación con 22 estándares. Los cinco compuestos más representativos se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cuantificación de compuestos fenolicos más abundantes.

N°	Compuesto	Formula Molecular	µg/g muestra
1	Ácido Gálico	$C_7H_6O_5$	330.138 ± 3.657[a]
2	Catequina	$C_{15}H_{14}O_6$	49.272 ± 2.022[b]
3	Ácido cafeico	$C_9H_8O_4$	2.477 ± 0.034[c]
4	Ácido Cumárico	$C_9H_8O_3$	2.241 ± 0.128[c]
5	Ácido Clorogénico	$C_{16}H_{18}O_9$	1.504 ± 0.016[c]

[a]Diferentes letras representan diferencia significativa (Tukey, 5% de significancia)

La formación de nanopartículas de plata (AgNP) se identifica por la aparición de un color canela característico de este nanomaterial, lo cual indica que las condiciones de síntesis han sido adecuadas, tal como se muestra en la Figura 1.



Figua 1. Formación de AgNP a pH 9 y 1h de agitación a 40 °C.

El efecto del pH (Figura 2A) revela que su aumento favorece una mayor formación de AgNP, según lo indican los espectros UV-Vis. Respecto a la concentración del precursor y del extracto, a medida que estas incrementan, también lo hace la eficiencia

en la formación de nanopartículas (Figura 2B). En todos los casos, una menor concentración de AgNP se asocia con una mayor longitud de onda de absorción.

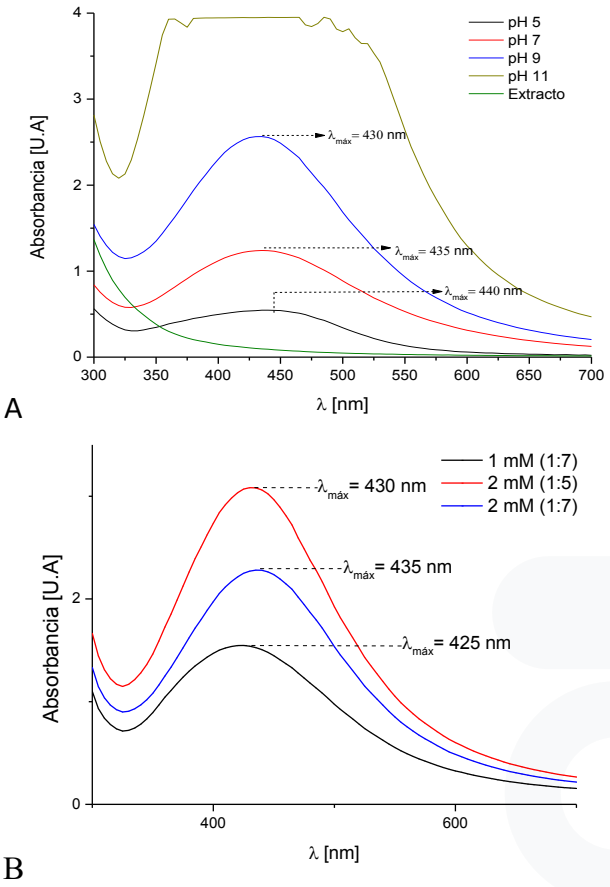


Figura 2. Formación de AgNP: A) efecto del pH y B) efecto de la concentración del precursor y del extracto.

El tamaño hidrodinámico de las AgNP se muestra en la Figura 3. En ella se observa que el sistema con 2 mM de $AgNO_3$ y una dilución 1:5 del extracto presenta un único pico en la distribución de tamaños en 89.03±9.29 nm, en contraste con los otros dos sistemas que exhiben un comportamiento bimodal.

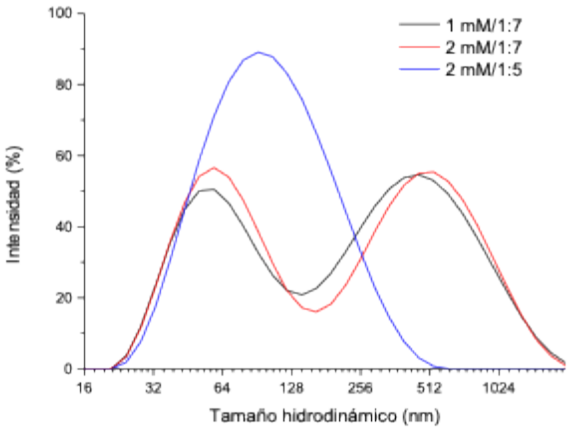
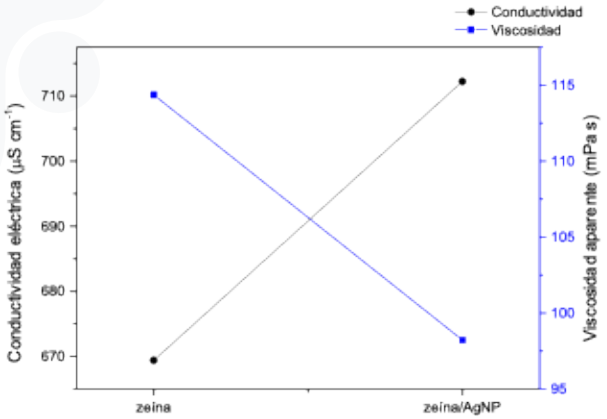


Figura 3. Tamaño hidródinamico de las AgNP por DLS en función de la intensidad.

El efecto de la incorporación de AgNP en las soluciones de zeína se presenta en la Figura 4, donde se observa un incremento en la conductividad, de 412.23±4.66 µS-cm^{-1} a 669.40±7.80 µS-cm^{-1}, mientras que la viscosidad aparente disminuye, pasando de 114.36±1.84 mPa·s a 98.22±2.02 mPa·s.



Figua 4. Efecto de las AgNP en las propiedades de la solución polimérica.

El proceso de electrohilado y la formación del nanocomposito se ilustran en la Figura 5, donde se observa la deposición de las fibras blanquecinas sobre el colector.



Figura 5. Electrohilado del nanocomposito.

El efecto de las AgNP en las propiedades del nanocomposito se presenta en el Cuadro 2, donde se evidencia que los valores de las tres propiedades evaluadas aumentaron con la adición del nanomaterial.

Cuadro 2. Propiedades fisicoquímicas de las peliculas electrohiladas.

Propiedad	Zeína	Zeína/AgNP
Espesor (mm)	0.161 ± 0.037^{a}	0.236 ± 0.02^{b}
Humedad (%)	1.404 ± 0.11^{a}	4.707 ± 0.27^{b}
Solubilidad (%)	9.280 ± 4.55^{a}	32.455 ± 1.24^{b}

[a]Diferentes letras en fila representan diferencia significativa (Tukey, 5% de significancia)

La formación de las fibras se muestra en la Figura 6, obtenida mediante microscopía óptica.

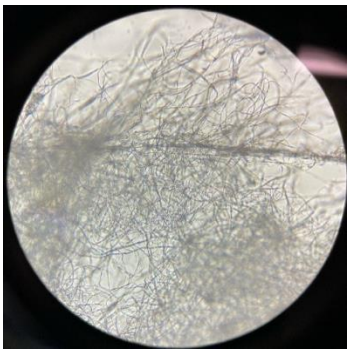


Figura 6. Nanocomposito bajo microscopio óptico 400X.

4. Discusión y conclusión

4.1 Obtención y caracterización del extracto vegetal.

El rendimiento obtenido (32.55 %) para el extracto representa la eficiencia del proceso de extracción. Este valor está influenciado tanto por el método como por el solvente empleado. En este caso, se utilizó ultrasonido, lo que, además de ofrecer un buen rendimiento, permitió realizar la extracción en medio acuoso, a baja temperatura y en tiempos cortos. Esto se traduce en un menor consumo energético, lo que convierte a este método en una opción sostenible para la extracción (Soto, 2018).

En cuanto a la capacidad antioxidante, se alcanzó un porcentaje cercano al 60 %. Evaluar esta capacidad es crucial, ya que los mecanismos de inhibición de radicales libres son comparables a los de reducción metálica, los cuales promueven la formación de nanopartículas de plata (AgNP). Ambos procesos involucran una transferencia de electrones, por lo que obtener un alto porcentaje de inhibición antioxidante sugiere un potencial significativo para la síntesis de AgNP.

Para comprender mejor el papel del extracto en la formación de AgNP, se obtuvo el perfil de compuestos fenólicos (Cuadro 1), lo que permitió identificar los compuestos responsables de la biosíntesis. Como se observa, la mayoría de ellos son ácidos fenólicos, destacando la mayor concentración del ácido gálico, cuya extracción fue favorecida por la polaridad del solvente. El ácido gálico ha sido reportado previamente por su capacidad antioxidante y su participación en la formación de nanopartículas metálicas (Lunkov *et al*., 2020), por lo que, de manera simplificada, la reacción de síntesis de AgNP se ilustra en la Figura 6.

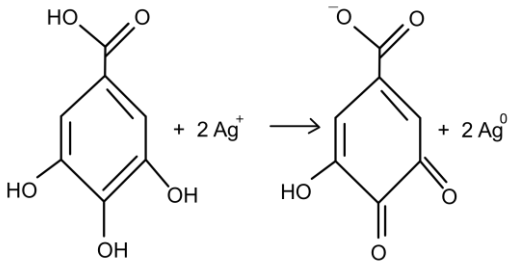


Figura 6. Formación de AgNP (Ag^0) por reducción metalica con ácido gálico.

4.2 Formación de nanoparticulas de plata.

La formación de nanopartículas de plata (AgNP) se evidencia por los cambios ópticos provocados por sus propiedades de absorción de luz visible. En el caso de la plata, la percepción visual de un color rojo canela es característica cuando se encuentra en una escala nanométrica, como se muestra en la Figura 1.

El aumento en la formación de nanopartículas a valores de pH más básicos (Figura 2A) es coherente con el perfil de compuestos fenólicos presentes. Dado que los compuestos mayoritarios son ácidos, para que puedan donar sus electrones y provocar la reducción metálica de la plata es necesario un pH básico en la reacción, lo cual permite alcanzar sus respectivos valores de pKa. Otro aspecto importante es la disminución de la longitud de onda máxima a medida que aumenta el pH, lo que sugiere diámetros de partículas más pequeños. Esto se debe a que, a tamaños menores, la energía requerida para excitar los electrones del plasmón superficial aumenta, lo que conlleva un desplazamiento hacia longitudes de onda más bajas (Tesfaye *et al*., 2023).

El incremento en la formación de AgNP a mayores concentraciones de extracto y precursor se debe a la mayor disponibilidad de iones metálicos para ser reducidos por el precursor, así como a una concentración suficiente del extracto que actúa como biorreductor. Además, el extracto cumple una segunda función: actúa como agente estabilizador. Como se observa en la Figura 2B, a una mayor concentración de extracto, el pico de absorción se desplaza hacia longitudes de onda más cortas, lo que indica que una cantidad adecuada de agente estabilizador impide el crecimiento de las AgNP, manteniéndolas estables en tamaños más pequeños. El ácido gálico ya ha sido estudiado y reportado por su capacidad para actuar como agente estabilizador (Soto, 2018).

4.3 Tamaño hidrodinámico.

Los parámetros de síntesis, en particular la relación precursor-reductor-estabilizador, juegan un papel crucial en el tamaño de las nanopartículas de plata (AgNP). Esto se refleja en los resultados del tamaño hidrodinámico obtenidos mediante dispersión de luz dinámica (DLS) (Figura 3). Cuando el extracto fue diluido en una proporción 1:7, se observó una dispersión bimodal en el tamaño, con un segundo pico fuera del rango nanométrico. Este resultado sugiere que la cantidad de agente estabilizador es insuficiente para evitar la aglomeración de las AgNP. En contraste, la dilución 1:5 mostró un tamaño adecuado, manteniendo a las nanopartículas en el rango deseado (Abou El-Nour *et al*., 2010).

4.4 Proceso de electrohilado

La incorporación de AgNP a las soluciones de electrohilado provocó un aumento significativo en la conductividad eléctrica (Figura 4), lo cual era esperado, ya que las nanopartículas metálicas son conductoras por excelencia. Este incremento en la conductividad es beneficioso para el proceso de electrohilado, ya que potencia las fuerzas de elongación, reduciendo así el diámetro de las fibras. Además, se observó una disminución en la viscosidad al añadir AgNP, lo que indica una reducción en el entrelazamiento de las redes poliméricas. Esto se atribuye a la repulsión electrostática entre las cargas de las AgNP adheridas a las redes, lo que impide su entrelazamiento (Kriegel et al., 2008).

La estructura fibrosa de los nanocompuestos resultantes es evidente en la Figura 6, confirmando el mecanismo de formación a través del proceso de electrohilado.

4.5 Propiedades fisicoquímicas de los nanocompositos.

El aumento significativo en el espesor de la película se debe al incremento en la conductividad de la solución, lo que favorece la elongación y reduce la pérdida de material por microgotas, resultando en una mayor recolección de fibras en el colector. Este fenómeno explica el incremento del espesor de la película.

El aumento en la retención de humedad y en la solubilidad se atribuye a la mayor cantidad de grupos polares libres provenientes de las AgNP solvatadas en la matriz fibrosa. Diversos autores han sugerido que estos grupos favorecen la interacción con las moléculas de agua, incrementando la humedad retenida en la estructura (Qazanfarzadeh y Kadivar, 2016). El comportamiento de la solubilidad dependerá del objetivo del material desarrollado. En este proyecto, se busca que la película funcione como una barrera activa para alimentos, pero que posteriormente se degrade cuando sea liberada al medio ambiente. Por lo tanto, el aumento en la solubilidad es una propiedad deseada (Alizadeh-Sani et al., 2021).

4.6 Conclusión

El extracto acuoso de los frutos de pirul presenta una gran capacidad para la formación de AgNP, lo que se explica por su perfil rico en compuestos fenólicos, como el ácido gálico. La variación en los parámetros de síntesis y los resultados obtenidos sugieren que el extracto no solo actúa como agente reductor, sino también como estabilizador, y su concentración tiene un impacto significativo en la dispersión del tamaño de las AgNP. Tanto el método de extracción como el de síntesis se alinean con los principios de la química verde, evitando el uso de solventes, reduciendo el tiempo, costos y la cantidad de reactivos químicos tóxicos.

La formación de nanocompositos electrohilados mediante la incorporación de AgNP mejoró las propiedades conductoras de la solución, promoviendo un proceso más eficiente en la producción de fibras. Además, las películas resultantes muestran mejoras en sus propiedades fisicoquímicas, particularmente en la solubilidad, lo que sugiere una mayor degradabilidad, una característica esencial para propuestas de empaques sostenibles.

Este trabajo representa un avance en el desarrollo de materiales mediante rutas más ecológicas y sostenibles, contribuyendo a una economía circular, y explora nuevas aplicaciones para materias primas subutilizadas, como el fruto del pirul, así como para proteínas como la de maíz. El siguiente paso será la evaluación antimicrobiana del material, con el fin de confirmar su potencial como material de empaque activo.

5. Referencias Bibliográficas

Abou El-Nour, K. M. M., Eftaiha, A., Al-Warthan, A., & Ammar, R. A. A. (2010). Synthesis and applications of silver nanoparticles. In *Arabian Journal of Chemistry* (Vol. 3, Issue 3). https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.04.008

Ahari, H., & Soufiani, S. P. (2021). Smart and Active Food Packaging: Insights in Novel Food Packaging. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 12). https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.657233

Alizadeh-Sani, M., Moghaddas Kia, E., Ghasempour, Z., & Ehsani, A. (2021). Preparation of Active Nanocomposite Film Consisting of Sodium Caseinate, ZnO Nanoparticles and Rosemary Essential Oil for Food Packaging Applications. *Journal 73of Polymers and the Environment*, *29*(2). https://doi.org/10.1007/s10924-020-01906-5

ASTM, D. (2004). ASTM D5229: Standard test method for moisture absorption properties and equilibrium conditioning of polymer matrix composite materials. Annu. Book ASTM Stand.15: 215-226.

Dias Antunes, M., da Silva Dannenberg, G., Fiorentini, Â. M., Pinto, V. Z., Lim, L. T., da Rosa Zavareze, E., & Dias, A. R. G. (2017). Antimicrobial electrospun ultrafine fibers from zein containing eucalyptus essential oil/cyclodextrin inclusion complex.*International Journal of Biological Macromolecules*, *104*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.095

Díaz-de-Cerio, E., Tylewicz, U., Verardo, V., Fernández-Gutiérrez, A., Segura-Carretero, A., & Romani, S. (2017). Design of Sonotrode Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Psidium guajava L. Leaves. *Food Analytical Methods*, *10*(8). https://doi.org/10.1007/s12161-017-0836-z

Erdogan, I., Demir, M., & Bayraktar, O. (2015). Olive leaf extract as a crosslinking agent for the preparation of electrospun zein fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, *132*(4). https://doi.org/10.1002/app.41338

Karim, M., Fathi, M., & Soleimanian-Zad, S. (2020). Incorporation of zein nanofibers produced by needle less electrospinning within the casted gelatin film for improvement of its physical properties. *Food and Bioproducts Processing*, *122*. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.04.006

Kriegel, C., Arrechi, A., Kit, K., McClements, D. J., & Weiss, J. (2008). Fabrication, functionalization, and application of electrospun biopolymer nanofibers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *48*(8). https://doi.org/10.1080/10408390802241325

Lunkov, A , Shagdarova, B , Konovalova, M Zhuikova, Y , Drozd, N , Il'ina, A , & Varlamov, V. (2020). Synthesis of silver nanoparticles using gallic acid-conjugated chitosan derivatives. *Carbohydrate Polymers*, *234*. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115916

Melkamu, W. W., & Bitew, L. T. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using Hagenia abyssinica (Bruce) J.F. Gmel plant leaf extract and their antibacterial and antioxidant activities. *Heliyon*, *7*(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08459

Perera, K. Y., Jaiswal, S., & Jaiswal, A. K. (2022). A review on nanomaterials and nanohybrids based bio-nanocomposites for food packaging. In *Food Chemistry* (Vol. 376). https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131912

Qazanfarzadeh, Z., & Kadivar, M. (2016). Properties of whey protein isolate nanocomposite films reinforced with nanocellulose isolated from oat husk. 77 *International Journal of Biological Macromolecules*, *91*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.06.077

Sánchez-Quezada, V., Gaytán-Martínez, M., Recio, I., & Loarca-Piña, G. (2023). Avocado seed by-product uses in emulsion-type ingredients with nutraceutical value: Stability, cytotoxicity, nutraceutical properties, and assessment of in vitro oral-gastric digestion. *Food Chemistry*, *421*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136118

Shi, J., Zhang, R., Liu, X., Zhang, Y., Du, Y., Dong, H., Ma, Y., Li, X., Cheung, P. C. K., & Chen, F. (2023). Advances

in multifunctional biomass derived nanocomposite films for active and sustainable food packaging. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 301). https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120323

Soto, K. M. (2018). Desarrollo y caracterización de nanofibras electroestiradas con amplio espectro antimicrobiano como alternativa de empaque activo. https://ring.uaq.mx/handle/123456789/1129

Tesfaye, M., Gonfa, Y., Tadesse, G., Temesgen, T., & Periyasamy, S. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using Vernonia amygdalina plant extract and its antimicrobial activities. *Heliyon*, *9*(6). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17356

Yao, F., Gao, Y., Chen, F., & Du, Y. (2022). Preparation and properties of electrospun peanut protein isolate/poly-L-lactic acid nanofibers. *LWT*, *153*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112418

Degradación de las aflatoxinas en maíz con CO_2 y su actividad citotóxica

Orlando Hernández Suárez. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. ohernandez09@alumnos.uaq.mx

Anai Zavala Franco. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Querétaro. anai.zavala@cinvestav.mx

Marcela Gaytán Martínez. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. marcelagaytanm@yahoo.com.mx

Resumen

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidas por hongos como el *Aspergillus flavus*. Estos compuestos químicos tienen propiedades mutagénicas, carcinogénicas, teratogénicas e inmunosupresoras para el ser humano y son un contaminante frecuente del grano de maíz. Se han propuesto diversos métodos para lograr su inactivación, pero la modificación de las atmósferas con CO_2 no se ha evaluado directamente sobre las toxinas. Por este motivo, en esta investigación se contaminó el grano de maíz azul in vitro con *A. flavus*, logrando obtener concentraciones de 141, 325 y 570 ng/g de una mezcla de aflatoxina B1 y B2 en una relación 89:11. Posteriormente, el maíz contaminado con las aflatoxinas se sometió a una atmósfera modificada con CO_2 por 8, 16 y 24 h. Después del tratamiento, las aflatoxinas se purificaron y cuantificaron utilizando columnas de anticuerpos monoclonales y fluorimetría. La degradación de las aflatoxinas llegó hasta el 68.01% en 24 h. Por otro lado, la capacidad citotóxica de las aflatoxinas degradadas se evaluó en células HepG2 mediante la viabilidad celular utilizando la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa (DLH) después de la exposición de las células con los compuestos tóxicos por 4 h. Se encontró que la actividad citotóxica no disminuye, aunque desaparezca la fluorescencia durante la cuantificación, pero sí se logra disminuir el potencial citotóxico en aflatoxinas con concentraciones iniciales menores a 141 ng/g. Por lo tanto, la exposición a CO_2 es un método prometedor y de fácil acceso para lograr maíces libres de aflatoxinas.

Abstract

Aflatoxins are secondary metabolites produced by fungi, particularly *Aspergillus flavu*s. These chemical compounds possess mutagenic, carcinogenic, teratogenic, and immunosuppressive properties, making them harmful to humans. Aflatoxins are commonly found as contaminants in corn grain. Although various methods for inactivating these toxins have been proposed, the effect of modified atmospheres with CO_2 on aflatoxins has not been directly evaluated. In this research, blue maize grain was contaminated in vitro with *A. flavus*, resulting in concentrations of 141, 325, and 570 ng/g of a mixture of aflatoxin B1 and B2 in a ratio of 89:11. The contaminated maize was then exposed to a modified CO_2 atmosphere for durations of 8, 16, and 24 hours. After treatment, the aflatoxins were purified and quantified using monoclonal antibody columns and fluorimetry. The study found that aflatoxin degradation reached 68.01% after 24 hours. Additionally, the cytotoxic effects of the degraded aflatoxins were assessed on HepG2 cells by measuring cell viability through the activity of the enzyme lactate dehydrogenase (LDH) after a 4-hour exposure to the toxic compounds. Results indicated that while the fluorescence during quantification disappeared, the cytotoxic activity did not decrease significantly. However, the cytotoxic potential of aflatoxins was reduced when initial concentrations were lower than 141 ng/g. Overall, the study suggests that exposure to CO_2 is a promising and readily accessible method for producing aflatoxin-free corn.

Palabras clave: aflatoxinas, atmósfera modificada, CO_2, viabilidad celular.

Key words: aflatoxins, modified atmosphere, CO_2, cell viability.

Introducción

Las micotoxinas son un grupo de compuestos químicos muy amplios que se producen en la estructura micelial de los hongos filamentosos y, debido a que son metabolitos secundarios, no son esenciales para el crecimiento o el desarrollo de este. Los hongos productores de micotoxinas no suelen ser patógenos por sí mismos, siendo los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* los más comunes. Estos hongos contaminan fuentes de alimentos tales como el maíz, algodón, cacahuate, nuez, trigo, cebada, avena, entre otros y pueden invadir, colonizar y producir micotoxinas cuando el cultivo está en crecimiento, al ser cosechado, almacenado, transportado o procesado (Pankaj et al., 2018). Entre la gran variedad de micotoxinas, las aflatoxinas son las que tienen un mayor impacto en la economía mundial, la salud humana y la salud animal. Las cuatro principales aflatoxinas producidas naturalmente son la aflatoxina B1 (AFB1), aflatoxina B2 (AFB2), aflatoxina G1 (AFG1) y aflatoxina (AFG2). Todas las aflatoxinas poseen una estructura química base, la cual es un grupo cumarínico unido a grupos altamente oxigenados y furanos, pero la AFB1 es la aflatoxina con mayor potencial tóxico debido al doble enlace 8-9 del furano terminal, el cual se activa y se transforma en un epóxido, uniéndose al ADN (Bhardwaj et al., 2023) (Figura 1). El impacto más notable de la AFB1 en la salud humana es el desarrollo del carcinoma hepatocelular, reconocido mundialmente como el 9° y 7° lugar de incidencia en hombres y mujeres respectivamente.

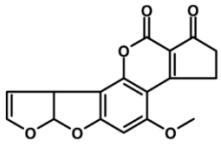


Figura 1. Estructura química de la aflatoxina B1.

Actualmente han surgido tecnologías emergentes para mitigar el crecimiento de los hongos micotoxigénicos o para eliminar o degradar a las aflatoxinas. Entre ellas, están las atmosferas que son cercanas al 0% de oxígeno y aumentando en un 100% el contenido de dióxido de carbono (CO_2). Se ha descubierto que el emplear gases altamente oxidantes como ozono o dióxido de carbono reducen la concentración de aflatoxinas en granos y semillas (Abadía et al., 2022). Estas tecnologías han surgido con el objetivo de asegurar la inocuidad alimentaria y dado el gran impacto que tienen las aflatoxinas sobre la salud humana y animal, existen regulaciones estrictas de límites máximos permitidos de estas toxinas en diversos alimentos. En México se cuenta con la NOM-188-SSA1-2002 (de la Federación, 2002), que establece un límite máximo de aflatoxinas totales de 20 ng/g en maíz, mientras que la NO-187-SSA1/SCFI- 2002 (Mexicana et al., 2002)establece un límite máximo de 12 ng/g de aflatoxinas totales en derivados del maíz como harinas y tortillas. Por lo tanto, si se tienen en cuenta estas regulaciones y se utiliza una tecnología como la modificación de las atmósferas se puede llegar a tener alimentos libres de aflatoxinas, sobre todo en México, que se tiene una alimentación con base en maíz. Así, en esta investigación se tiene como objetivo someter el maíz azul contaminado con aflatoxinas a una atmósfera con 100% CO_2 y lograr la degradación de estas toxinas, así como disminuir su potencial de ser tóxicas para las células. Por lo tanto, se determinaron los porcentajes de degradación de las aflatoxinas con tres diferentes concentraciones iniciales de aflatoxinas y a tres diferentes tiempos de exposición. Posteriormente, se quiso determinar el potencial tóxico de las aflatoxinas degradadas y comprobar si el tratamiento con CO_2 es eficiente,

Metodología

Caracterización física del grano de maíz. Se realizó la caracterización física y química del grano de maíz utilizado, el cual fue un maíz azul adquirido en un mercado local de la ciudad de Querétaro. La caracterización física incluyó el peso de 100 granos, el peso hectolítrico o densidad aparente, el índice de flotación y se determinó la dureza del endospermo utilizando un texturómetro TA.XT Plus (Palacios-Rojas, 2018).

Caracterización fisicoquímica del grano de maíz. La caracterización fisicoquímica se realizó siguiendo los

métodos oficiales de la AOAC (International, 2000): 925.10 para la humedad, 981.12 para el pH, 920.39 para el extracto etéreo, 942.05 para las cenizas, 920.15 para las proteínas, 991.43 para la fibra cruda y los carbohidratos se determinaron por diferencia.

Inoculación del grano de maíz. Se utilizó el método descrito por (Zavala-Franco et al., 2020). Se utilizó la cepa UNIGRAS 1231 de *A. flavus*, la cual fue aislada de un cultivo de maíz contaminado con aflatoxinas. El hongo se incubó por 7 días a 25°C en agar MSA. Posteriormente las esporas se rasparon con bisturí y se agregó una solución de agua destilada estéril con Tween 80 para extraerlas. La suspensión con las esporas se recolectó y se utilizó para modificar la humedad del maíz y llevarla hasta el 18%. Las esporas se dejaron crecer por 7, 15 y 21 días con condiciones de estrés: 28°C y humedad relativa del 30% para favorecer la producción de toxinas. Una vez terminado el tiempo de incubación, los maíces se sometieron a condiciones de esterilización para detener el crecimiento del hongo y evitar la dispersión de las esporas viables. El maíz se lavó con una solución agua con Tween 80 para remover el micelio y las aflatoxinas superficiales. Finalmente, el maíz se secó hasta una humedad del 11% y se almacenó hasta su uso.

Cuantificación de las aflatoxinas. A las muestras de maíz antes y después del tratamiento con CO2 se les determinó el contenido de aflatoxinas utilizando el método 991.31 de la AOAC (Horwitz, 2002.) utilizando columnas de anticuerpos monoclonales para aflatoxinas totales (Aflatest, Vicam). Para ello, se tomaron 50 g de maíz y 5 g de cloruro de sodio, homogenizando con 100 mL de metanol al 80% por 2 min. La mezcla se filtró con un filtro Whatman No. 1. Se tomaron 10 mL del filtrado y se diluyeron con 40 mL de agua. Esta mezcla se filtró con papel filtro Whatman No. 5 y se tomaron 10 mL para pasarlos por la columna de inmunoafinidad. Después de lavar la columna dos veces con agua destilada, las toxinas se eluyeron con 1 mL de metanol grado HPLC y se midieron en fluorómetro (Vicam Series 4) previa derivatización con 1 mL de solución de bromo al 0.0002%. El límite de cuantificación de aflatoxinas utilizando este método es de 0.5 ng/g.

Exposición del maíz contaminado con aflatoxinas a una atmósfera de CO_2. Se formaron las unidades experimentales del maíz contaminado. Después de la incubación se determinó que los niveles alcanzados de aflatoxinas fueron de 141, 325 y 570 ng/g, por lo que se trabajó con los tres niveles de contaminación, ya que son similares a los que se han reportado en la literatura (Ponce-García et al., 2021). Para realizar la modificación de la atmosfera con CO2, se emplearon dos jarras de anaerobiosis de capacidad de 2.5 L (marca BD, modelo: GASPAK 100), para lo cual se conectaron directamente al tanque de CO2 grado alimenticio. El maíz, y por lo tanto las aflatoxinas, se expusieron al CO_2 por 8, 16 y 24 h. Una vez terminado el tiempo de exposición, se determinó el contenido de aflatoxinas antes mencionado.

Preparación de los extractos de aflatoxinas. Una vez extraídas las aflatoxinas en la determinación del contenido de estas, se procedió a purificar a las aflatoxinas degradadas y/o remanentes de los extractos utilizando a las columnas de inmunoafinidad y se eluyeron con 1 mL de metanol grado HPLC, recolectándolas en un vial color ámbar. Los extractos se secaron en estufa de inducción a 50°C y se almacenaron a 4°C hasta su uso en los ensayos de citotoxicidad. Únicamente se recolectaron los extractos correspondientes a las 24 h, ya que fueron las que presentaron una mayor degradación de aflatoxinas.

Determinación de la citotoxicidad. Los extractos de aflatoxinas se reconstituyeron con dimetil sulfóxido (DMSO). Se utilizó un control negativo del extracto de maíz sin contaminar y un control positivo de aflatoxinas sin exposición de CO_2 a 545 ng/g. Todos los extractos se filtraron en filtro de jeringa de 0.22 µm para su esterilización. La línea celular de carcinoma hepatocelular (HepG2) adquirida de la ATCC fue la utilizada en los ensayos de citotoxicidad. Las células se crecieron en medio Eagle modificado de Dulbecco (DMEM) suplementado con el 10% de suero fetal bovino inactivado con calor y 1% de una mezcla de penicilina/estreptomicina (100 UI/mL/100 µg/mL) y se mantuvieron en botellas de cultivo estériles a 37°C y con atmósfera húmeda y 5% de CO2. Se utilizó una dosis de 8 µL del extracto por mL

de medio en todos los tratamientos, la cual fue determinada por experimentos previos del grupo de trabajo (Zavala-Franco et al., 2020). Se expusieron los extractos de aflatoxinas a las células durante 4 h para observar efectos agudos. La viabilidad celular se realizó mediante la cuantificación de la enzima citoplasmática lactato deshidrogenasa (LDH). Esta enzima se libera al medio y se considera un marcador biológico de la muerte celular, por lo tanto, entre más cantidad de enzima se libere al medio, el daño a la célula y la destrucción de su membrana plasmática es mayor. Se tomaron 8 µL/mL de medio de los extractos de aflatoxinas previamente preparados y se expusieron las células por 4 h. Una vez terminado el tiempo de exposición, se utilizó el kit Roche Diagnostics GmbH, en el cual se mezcló el catalizador a la disolución de colorante y se mezcló, para posteriormente agregar a las células expuestas a las aflatoxinas. La medición de la actividad de la LDH se realizó a 490 nm. Se corrigió el valor obtenido al determinar las proteínas del medio utilizando el método de Bradford (He, 2011), por lo que el resultado se expresa como actividad de la enzima LDH por mg de proteína.

Determinación de la capacidad antioxidante. El radical catión 2,2´-azino-bis(3-etilbenzotiazolina 6-sulfoniácido) ($ABTS^{\bullet+}$) se evaluó de acuerdo con el método reportado por Re et al. (1999). Este radical se formó después de incubar el ABTS 7 mM con persulfato de potasio 2.45 mM a temperatura ambiente en oscuridad por 12 h. La solución con el ABTS se hizo reaccionar con los extractos del maíz contaminado con aflatoxinas y se midió la absorbancia a 734 nm. Los resultados fueron reportados en términos de equivalentes de Trólox.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar. Se reportó la media y la desviación estándar para todos los ensayos realizados. Se realizaron tres repeticiones en experimentos independientes. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Las diferencias significativas entre tratamientos se determinaron con un valor de significancia de $p<0.05$.

Resultados

Caracterización física del grano de maíz. Los resultados de la caracterización física se encuentran en la Tabla 1. Todos los parámetros medidos indican el tipo de grano de maíz que se está utilizando, así como la dureza de este. De acuerdo con los valores obtenidos el maíz se clasifica como de dureza intermedia.

Tabla 1. Caracterización física del grano de maíz azul.

Parámetro	Valor
Peso de 100 granos (g)	40.32 ± 1.25
Peso hectolítrico (Kg/hL)	71.71 ± 0.18
Índice de flotación (%)	60.00 ± 0.00
Dureza del endospermo (N)	63.92 ± 2.70

Valores promedio ± desviación estándar de tres repeticiones

Caracterización fisicoquímica del grano de maíz. Para los parámetros fisicoquímicos, que también representan la calidad nutrimental del maíz, se obtuvieron valores óptimos para la variedad de grano azul. El porcentaje de proteínas, que fue del 7.72% representa uno de los parámetros más importante para el valor nutritivo del mismo, pero para el crecimiento de los hongos micotoxigénicos es el contenido de extracto etéreo, que del 4.72%. La humedad del grano fue de 11.36%, la cual es adecuada para evitar deterioro por microorganismos o plagas. Al ser un cereal, el maíz se compone principalmente de carbohidratos, obteniendo hasta el 72.17% de estos.

Tabla 2. Composición fisicoquímica del grano de maíz azul

Parámetro	Valor
pH	6.50 ± 0.01
Humedad (%)	11.36 ± 0.44
Proteína (%)	7.72 ± 0.04
Extracto Etéreo (%)	4.72 ± 0.03
Cenizas (%)	1.88 ± 0.10
Carbohidratos (%)	72.17 ± 0.37
Fibra cruda (%)	1.89 ± 0.10

Valores promedio ± desviación estándar de tres repeticiones

Degradación de las aflatoxinas por la exposición del a una atmósfera de CO_2. En la Figura 2 se muestra el contenido de aflatoxinas del maíz azul después de la exposición al CO_2 en los diferentes tiempos. En los 141 ng/g no se observaron diferencias significativas. En los 323 ng/g iniciales, sí se tuvo una reducción

significativa a las 16 h, logrando una concentración de 172 ± 43.16 ng/g de aflatoxinas. A las 24 h se logró reducir hasta 106 ± 7.37 ng/g. El porcentaje de degradación a las 24 h fue de 67.39%. Para la ternera concentración (570 ng/g), se mantuvo la tendencia de la concentración 2, pues a las 16 h se logró una disminución de hasta 224 ± 5.57 ng/g y de 182.33 ± 44.46 ng/g a las 24 h. Esto lograría un porcentaje de degradación de 60.70 y 68.01 % respectivamente.

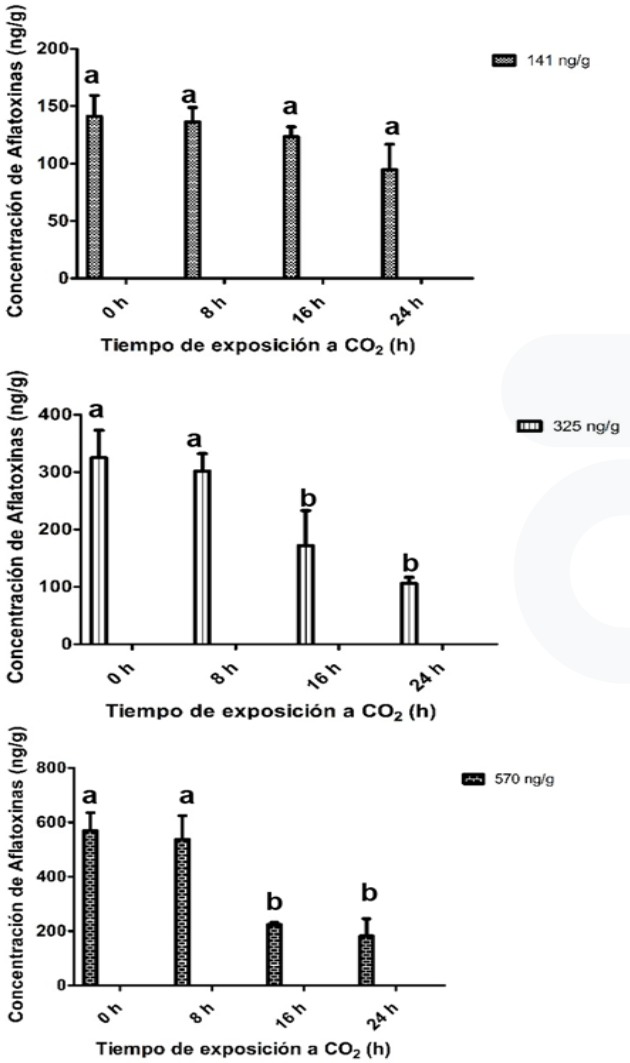


Figura 2. Degradación de aflatoxinas después de la exposición a una atmósfera con CO_2. Valores promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes entre barras son estadísticamente diferentes (Tukey, $p<0.05$).

Determinación de la citotoxicidad. Debido a que el método de cuantificación de las aflatoxinas se basa en la fluorescencia, la pérdida de la estructura química de la aflatoxina a cualquier nivel afectaría el valor obtenido. Con la pérdida de la fluorescencia no necesariamente se pierde la capacidad tóxica de la toxina, por lo que es necesario verificar si la degradación ha sido suficientemente agresiva para no tener una reacción reversible. En la Figura 3 se muestra la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa, que representa el nivel de daño celular. El control mostró 11.72 U/mg de proteína de LDH, mientras que el tratamiento B (con una concentración inicial de aflatoxinas de 325 ng/g y expuesta a CO2 por 24 h) tuvo 59.26 U/mg de proteína de LDH, siendo estadísticamente diferentes. Sin embargo, el único tratamiento que mostró esta diferencia fue el B, que es similar al control positivo, con 64.80 U/mg de proteína de LDH. El tratamiento A y C obtuvieron 41.35 y 56.77 U/mg de proteína de LDH respectivamente.

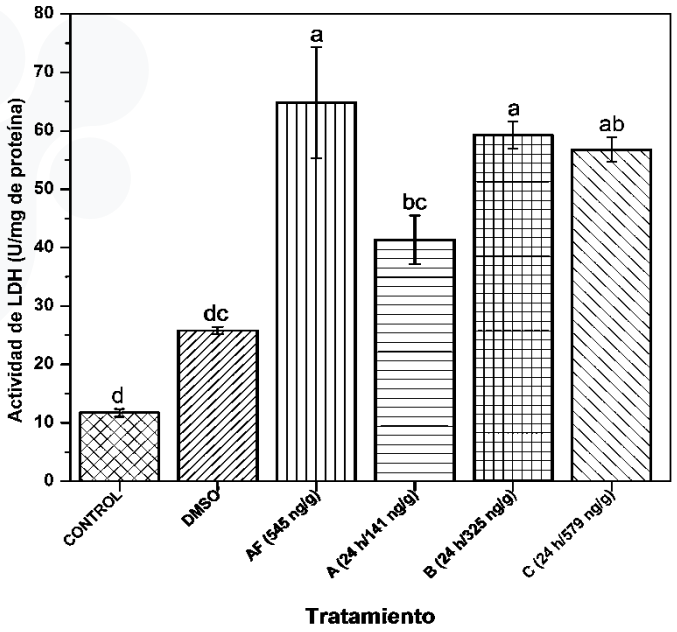


Figura 3. Viabilidad celular de las células HepG2 al ser expuestas a las aflatoxinas degradadas mediante CO2. Control: 8 µL de extracto de maíz sin aflatoxinas/mL de medio. DMSO: Control negativo. AF (545 ng/g): 8 µL de aflatoxina de maíz sin exposición a CO_2/mL de medio. A (24 h/141 ng/g): 8 µL del extracto de aflatoxinas degradadas/mL de medio. B (24 h/325 ng/g): 8 µL del extracto de aflatoxinas degradadas/mL de medio. C: (24 h/579 ng/g): 8 µL del extracto de aflatoxinas degradadas/mL de medio. Valores promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes entre barras son estadísticamente diferentes (Tukey, $p<0.05$). La actividad de la enzima lactato deshidrogenasa está expresada en unidades de esta por mg de proteína.

Determinación de la capacidad antioxidante. Al ser un maíz pigmentado, el maíz azul presenta compuestos antioxidantes como antocianinas y carotenoides, los cuales estabilizan a los radicales libres al ceder átomos de hidrógeno, reduciendo el estrés oxidativo y tener un efecto protector sobre los componentes celulares. Como se observa en la Figura 2, sólo dos tratamientos lograron obtener diferencias estadísticas significativas: el maíz control y el maíz contaminado con 579 ng/g y expuesto a CO_2 durante 24 h. Se observa que el maíz con tratamiento presentó una mayor capacidad antioxidante que el control, pero no hay diferencias entre los tiempos (8, 16 o 24 h).

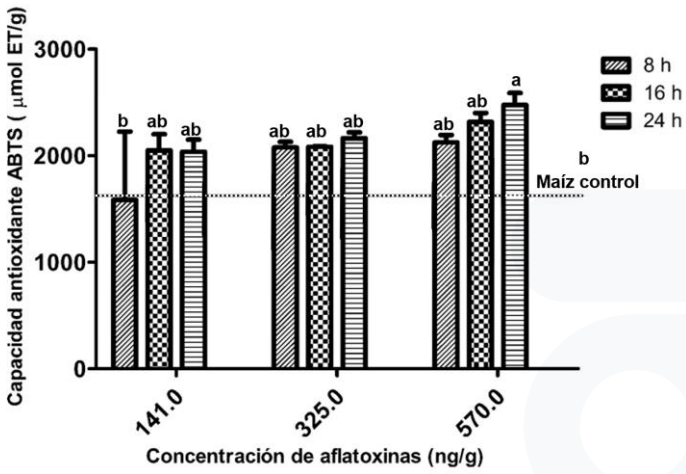


Figura 4. Capacidad antioxidante del maíz azul utilizado determinado por el ensayo de ABTS. Valores promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes entre barras son estadísticamente diferentes (Tukey, $p<0.05$).

Discusión

De acuerdo con la Tabla 1, el grano de maíz utilizado en esta investigación es un grano de tamaño grande, de dureza intermedia. De acuerdo con Palacios-Rojas (2018), los parámetros de calidad del maíz están relacionados con su caracterización física, pues en la industria se requieren maíces entre intermedios y duros, pues esto evita que el grano se rompa, que tenga más rendimiento durante la molienda, aumente la velocidad del secado y que son más resistentes a plagas o insectos. Esto también se relaciona con la susceptibilidad del grano para producir micotoxinas, pues entre mayor sea la dureza, el hongo se estresa más y produce más aflatoxinas. Por lo tanto, el grano elegido en esta investigación presenta parámetros de calidad aceptables, pero al ser de dureza intermedia, permite al hongo crecer y producir aflatoxinas. Además de los parámetros físicos, la calidad fisicoquímica del maíz también determina su aceptación. La calidad nutricional de un maíz no sólo la determina la variedad, si no que depende de otros parámetros como las condiciones de suelo y climáticas del lugar donde fue cosechado. Sin embargo, los valores encontrados en esta investigación son similares a los reportados por otros autores en maíces azules (Camelo-Méndez et al., 2017).

La contaminación del maíz con *A. flavus* y la subsecuente producción de aflatoxinas se realizó de esta manera para igualar a las condiciones naturales de contaminación. Como se dejó a tres diferentes tiempos, se tuvieron tres concentraciones iniciales de aflatoxinas. Las tres concentraciones se sometieron al tratamiento con CO_2. La tendencia observada fue que el máximo tiempo de exposición al CO_2 no tuvo efectos para concentraciones bajas (141 ng/g), pero sí para concentraciones más altas de hasta 570 ng/g. Sin embargo, el efecto es similar a las 16 y a las 24 h. El porcentaje de degradación es muy bueno (68.01% en una concentración de 570 ng/g por 24 h de exposición a CO_2) si se compara con la degradación de aflatoxinas por modificar la atmósfera con ozono, que fue de máximo 24% en la investigación de Akbas & Ozdemir (2006). Como el porcentaje de degradación fue mayor numéricamente a las 24 h, se evaluó la capacidad citotóxica de los extractos de las aflatoxinas que quedaron después del tratamiento con CO_2. Se muestra que el tratamiento no ha sido lo suficientemente severo para lograr que las aflatoxinas se inactiven y no sólo pierdan su fluorescencia, si no que también pierdan sus propiedades tóxicas. Al observar la actividad de LDH (Figura 3), el control positivo, el tratamiento B y el C son estadísticamente similares, lo que demuestra que las aflatoxinas remanentes quedan sólo en un estado reversible, como se muestra en la Figura 5 para la primera reacción. Por otro lado, y al observar el tratamiento A, es estadísticamente diferente de con el control positivo, pero similar al efecto del DMSO, el cual es un control negativo. Esto sugiere que, entre una menor concentración de aflatoxinas en el maíz, al someterse

al CO_2 sí se puede dar una degradación extra y llevar a las aflatoxinas a un estado no reversible, y, por lo tanto, con una menor toxicidad, aunque no se refleje en la pérdida de la fluorescencia. En la figura 3 también se observa el tratamiento CONTROL, que es un extracto de maíz sin contaminar. El valor obtenido de LDH fue el menor, a pesar de tener DMSO como disolvente. Esto sugiere que el efecto protector celular de los antioxidantes del maíz tiene un efecto en las células HepG2, pues el daño encontrado es mínimo, pues prácticamente la actividad de LDH es nula.

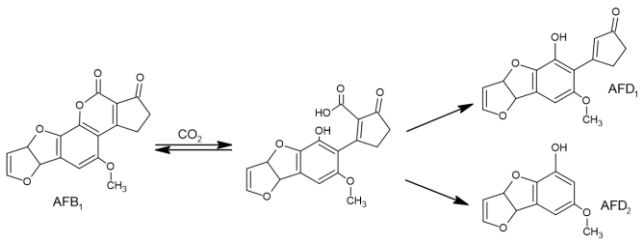


Figura 5. Propuesta de mecanismo de degradación de las aflatoxinas expuestas a una atmósfera de CO_2 durante 24 h.

Esto podría comprobarse con la capacidad antioxidante, que si bien no tiene un efecto marcado en los diferentes tratamientos, como se observa en la Figura 4, sí puede sugerir que los compuestos antioxidantes del maíz y las aflatoxinas están compitiendo por el intercambio de electrones que se da durante la reacción con los radicales libres, lo cual podría explicar por qué el maíz con la mayor concentración de aflatoxinas y que se abre momentáneamente como en el segundo paso de la Figura 5, tiene la mayor capacidad antioxidante de todos los tratamientos. Además, el maíz azul ha sido bien documentando como uno de los mejores alimentos con una alta capacidad antioxidante, pero con pequeñas variaciones entre los diversos genotipos (García Reyes et al., 2022).

Conclusiones

La modificación de la atmósfera con CO_2 logra disminuir la fluorescencia de las aflatoxinas en hasta un 68.01% en 24 h, aún con concentraciones tan altas como 570 ng/g. Sin embargo, sólo a concentraciones de hasta 141 ng/g logra disminuir el potencial citotóxico de las aflatoxinas remanentes. Sin embargo, este hallazgo hace que el método sea prometedor como un método de descontaminación en maíces que estén por debajo de lo permitido por las regulaciones mexicanas, que es de hasta 20 ng/g.

Referencias bibliográficas

Abadía, M. B., San Martino, S., & Bartosik, R. E. (2022). Can anoxic atmospheres protect the quality of maize seeds during storage? *Journal of Stored Products Research*, *96*, 101927.

Akbas, M. Y., & Ozdemir, M. (2006). Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physicochemical properties of pistachios. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(13), 2099–2104.

Bhardwaj, K., Meneely, J. P., Haughey, S. A., Dean, M., Wall, P., Zhang, G., Baker, B., & Elliott, C. T. (2023). Risk assessments for the dietary intake aflatoxins in food: a systematic review (2016–2022). *Food Control*, *149*, 109687.

Camelo-Méndez, G. A., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2017). Functional study of raw and cooked blue maize flour: Starch digestibility, total phenolic content and antioxidant activity. *Journal of Cereal Science*, *76*, 179–185.

de la Federación, D. O. (2002). Norma Oficial Mexicana Nom-188-Ssa1-2002, Productos Y Servicios. Control De Aflatoxinas En Cereales Para Consumo Humano Y Animal. Especificaciones Sanitarias. *D. Of. Fed.*, *11*, 22–41.

García Reyes, E., Flores Naveda, A., Ruiz Torres, N., Camposeco Montejo, N., Ramírez Barrón, S. N., & García López, J. I. (2022). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de genotipos de maíz pigmentado (azul/morado). *REPOSITORIO NACIONAL CONACYT*.

He, F. (2011). Bradford protein assay. *Bio-Protocol*, e45–e45.

Horwitz, W. (n.d.). Test Method: AOAC 991.31-Aflatoxins in corn, Raw peanuts, and Peanut butter. *Immunoaffinity Column (Aflatest) Method Official Methods of Analysis of AOAC International*.

International, A. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (Vol. 17, Issues 1–2). AOAC international.

Mexicana, N. O., MASA, P. Y. S., TORTILLAS, T. Y. H., ESTABLECIMIENTOS, P. P. S. U. E. Y., & ESPECIFICACIONES, D. S. E. P. (2002). NOM-187-SSA1/SCFI-2002. *Productos y Servicios, Masa, Tortillas, Tostadas y Harinas Preparadas Para Su Elaboración y Establecimientos Donde Se Procesan. Especificaciones Sanitarias, Información Comercial, Métodos de Prueba*.

Palacios-Rojas, N. (2018). *Calidad nutricional e industrial de maíz: laboratorio de calidad nutricional de maíz "Evangelina Villegas": protocolos*. CIMMYT.

Pankaj, S. K., Shi, H., & Keener, K. M. (2018). A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology*, *71*, 73–83.

Ponce-García, N., Palacios-Rojas, N., Serna-Saldivar, S. O., & García-Lara, S. (2021). Aflatoxin contamination in maize: occurrence and health implications in Latin America. *World Mycotoxin Journal*, *14*(3), 247–258.

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.

Zavala-Franco, A., Arámbula-Villa, G., Ramírez-Noguera, P., Salazar, A. M., Sordo, M., Marroquín-Cardona, A., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., & Méndez-Albores, A. (2020). Aflatoxin detoxification in tortillas using an infrared radiation thermo-alkaline process: Cytotoxic and genotoxic evaluation. *Food Control*, *112*, 107084.

Agrobiodiversidad y gastronomía de Pinal de Amoles, Querétaro

Autor:
María Guadalupe Hernández Leal*
mhernandez174@alumnos.uaq.mx

Asesores:
Dra. Rosalinda González Santos*
rosalinda.gonzalez@uaq.mx

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval*
luishs@uaq.mx

Dr. Jesús Luna Cozar*
jesus.luna@uaq.mx

Mtro. Felipe Manuel Ferrusca Rico*
manuel.ferrusca@uaq.mx

Mtro. Hugo Castillo Gómez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
hugo.castillo@uaq.edu.mx

*Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro

RESUMEN
La agrobiodiversidad es la diversidad biológica, vegetal, animal, fúngica, forestal y de microorganismos para fines alimenticios, medicinales o agrícolas, incluyendo el conocimiento local y tradicional, así como la microbiota del suelo. De ascendencia cazadora-recolectora, los habitantes de la delegación de Santa Águeda, en el municipio de Pinal de Amoles, Querétaro, resguardan una herencia milenaria en las prácticas de manejo y consumo. El objetivo de esta investigación fue identificar la agrobiodiversidad que se utiliza para alimentación y agricultura en la comunidad de Santa Águeda, Pinal de Amoles. Se llevaron a cabo 25 entrevistas, entre abril del 2022 y septiembre del 2023. El esfuerzo de muestreo fue del 92 y 94 %, de acuerdo con los índices ACE y CHAO-1. Se determinaron 151 especies, correspondientes a 110 géneros y 62 familias. La diversidad de especies se compone de dos fúngicas, ocho de zoogenéticos invertebrados, 28 zoogenéticos vertebrados y 113 fitogenéticas. Se determinó que el 60 % de la riqueza de agrobiodiversidad proviene de especies nativas. El Índice de Riqueza del Conocimiento (IRC) fue de 0.275, equivalente a la mención de 42 de las 151 especies por informante. La especie con mayor Índice de Valor de Uso (IVU) es la gallina (*Gallus gallus*), seguida del maíz (*Zea mays*) y la vaca (*Bos taurus*). Se obtuvieron 17 categorías gastronómicas y 60 preparaciones derivadas. Se concluye que la comunidad de Santa Águeda cuenta con amplia agrobiodiversidad alimenticia y basa su dieta en plantas.

Palabras clave: recursos genéticos, índice de riqueza del conocimiento, índice de valor de uso.

REVIEW
Agrobiodiversity is the biological, plant, animal, fungal, forest and microorganism diversity for food, medicinal or agricultural purposes, including local and traditional knowledge, as well as soil microbiota. Of hunter-gatherer ancestry, the inhabitants of the Santa Águeda district, in the municipality of Pinal de Amoles, Querétaro, protect an ancient heritage in management and consumption practices. The objective of this research was to identify the agrobiodiversity that is used for food and agriculture in the community of Santa Águeda, Pinal de Amoles. 25 interviews were carried out between April 2022 and September 2023. The sampling effort was 92 and 94%, according to the ACE and CHAO-1 index. 151 species were determined, corresponding to 110 genera and 62 families. The species diversity is made up of two fungi, eight invertebrate zoogenetics, 28 vertebrate zoogenetics and 113 phytogenetics. It was determined that 60% of the agrobiodiversity richness comes from native species. The Knowledge Richness Index (KRI) was 0.275, equivalent to the mention of 42 of the 151 species per informant. The species with the highest Use Value Index (UV) is the chicken (*Gallus gallus*), followed by corn (*Zea mays*) and the cow (*Bos taurus*). 17 gastronomic categories and 60 derived preparations were obtained. It is concluded that the community of Santa Águeda has extensive

nutritional agrobiodiversity and bases its diet on plants.

Keywords: genetic resources, knowledge richness index, use value index.

Introducción

La agrobiodiversidad o recursos genéticos para la alimentación y la agricultura (RGAA) es el resultado de la interacción entre la diversidad biológica y el manejo, selección, cultura y tradiciones del ser humano. Por lo tanto, es el reflejo de los paisajes dinámicos, del uso de la tierra, donde también confluyen como espacios de vida social. Estos RGAA la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018) los agrupa en cinco subsectores los cuales son: zoogenéticos, genéticos acuáticos, genéticos forestales, fitogenéticos, y el quinto grupo subdividido en genéticos de microorganismos y genéticos de invertebrados (CONABIO, 2021).

Se conoce que en México el manejo de los RGAA tuvo sus inicios hace 10,000 años con el cultivo y la domesticación del género *Curcurbita* en la región de Mesoamérica. Mil años después, en los relieves montañosos al sur del Altiplano Central y al norte del Balsas, surge la domesticación del maíz, con un teosintle domesticado, cultivado por grupos de cazadores-recolectores. Derivado de este proceso, México posee actualmente una amplia diversidad de especies para la alimentación y con identidad comunitaria (Vela, 2010).

El objetivo del presente estudio fue identificar la agrobiodiversidad que se utiliza para alimentación y agricultura en la comunidad de Santa Águeda, Pinal de Amoles, Querétaro.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Santa Águeda, Pinal de Amoles, Querétaro, México. El sitio tiene una altitud que oscila entre los 1,100 a 2,700 msnm. Se aplicaron encuestas con preguntas abiertas y semiestructuradas a 25 informantes. Se hizo del conocimiento de las autoridades locales (delegado y ejidatarios) de la localidad de Santa Águeda, así como del consentimiento informado a los entrevistados (Bravo-Avilez *et al*., 2022). Además de la aplicación de las entrevistas, se registraron las observaciones de los informantes en un diario de campo, donde posteriormente se sistematizaron junto con la información de las encuestas. Los informantes fueron seleccionados por los siguientes tres criterios: ser proveedores alimenticios o ser responsables de la alimentación familiar, tener mayoría de edad y haber sido recomendados por otros habitantes al reconocer sus amplios conocimientos en el tema.

1. **Colecta de material**

Para los grupos de interés se obtuvieron colectas durante 18 meses, en el periodo de abril del 2022 a septiembre del 2023, conforme al siguiente proceso por grupo.

Colecta de recursos genéticos fúngicos

En temporada de verano, con lluvias abundantes en los meses de julio a septiembre del 2022 y 2023, se colectaron ejemplares fúngicos en dos rutas determinadas por personas de la comunidad. Se siguió una metodología similar a la descrita por Ruan-Soto *et al*. (2009) para la colecta de hongos en zonas rurales. Para la determinación taxonómica del material se utilizaron claves especializadas y con la observación de estructuras en un microscopio óptico marca Leica. Se procesaron 30 ejemplares y se depositaron en la colección de hongos del Laboratorio de Micología (MUAQ) del Campus Aeropuerto, en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Colecta de recursos zoogenéticos invertebrados

Se elaboraron colectas manuales de los ejemplares por parte de los investigadores y se les solicitó a diversos miembros de la comunidad colectar organismos zoogenéticos invertebrados que ellos identificaron como comestibles o que producían mieles. Se obtuvieron ejemplares en estado adulto, los cuales fueron contenidos en frascos de vidrio con alcohol al 80 % durante las observaciones cotidianas (López *et al*., 2018). Los organismos recolectados fueron trasladados y depositados en la colección entomológica de la Facultad de Ciencias Naturales (FCN-UAQ) de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Juriquilla. Se observaron en un microscopio óptico marca Leica, un microscopio estereoscópico marca Carl Zeiss, y una cámara digital para microscopio. Posteriormente, se determinaron taxonómicamente con apoyo de

literatura especializada. Las abejas fueron identificadas por especialistas de la Washington State Department of Agriculture, USA.

Colecta de recursos zoogenéticos vertebrados

Para la identificación de las especies, primeramente, se determinó la diversidad por la diagnosis comunitaria. Posteriormente, se identificaron las especies silvestres registradas en la zona de estudio de acuerdo con la literatura publicada. Solo para los organismos silvestres (reptiles, aves y mamíferos), se consultó nuevamente con los entrevistados y se les mostraron fotografías de las especies con potencial distribución en coincidencia con la diagnosis inicial para precisar la identificación, similar a la metodología descrita por Pagaza *et al.* (2006) y especialistas en el tema. Para complementar el registro de los animales de medio silvestre, se le solicitó a los entrevistados la toma de fotografías de los organismos observados cotidianamente durante el periodo de investigación.

Colecta de recursos fitogenéticos

Se llevó a cabo trabajo de campo en las milpas, monte, huertos familiares, veredas y caminos para recolectar ejemplares de herbario. Se tomó también un registro fotográfico de las plantas. Para complementar la base de datos se consultó con los ejemplares previamente herborizados en el herbario Jerzy Rzedowski (QMEX). Los ejemplares colectados para esta investigación fueron identificados por medio de literatura especializada, y apoyo de especialistas. Se herborizaron 84 ejemplares para el herbario Jerzy Rzedowski (QMEX) de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Origen de la agrobiodiversidad comestible

Para la distribución de origen, se determinó si en el territorio mexicano la especie estaba en alguna de las siguientes categorías: nativa, exótica y exótica-invasora. Por lo anterior, se consultó la base de datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad, el Portal de Datos Abiertos UNAM, la Base de Datos Abiertos de México de la CONABIO, así como literatura especializada (The Global Biodiversity Information Facility, 2024).

2. **Análisis estadístico sobre la diversidad registrada**

Para la obtención de las encuestas se siguió el método estadístico no probabilístico de bola de nieve en aproximación lineal (Hernández, 2021). Con los datos de colecta se ejecutó una curva de acumulación de esfuerzo de muestreo con el programa estadístico EstimateS 9.1 de Colwell (2024) con los índices ACE y CHAO 1. Se proyectó la diversidad de especies con una curva de rarefacción con el programa estadístico Past 4.03. La curva de rarefacción es una técnica utilizada para comparar los índices de diversidad entre ecosistemas o hábitats, con la condición de ya conocer previamente el total de especies o individuos de la zona, mismos que se comparan entre repeticiones (Carmona-Galindo y Carmona, 2013). De los resultados obtenidos por las encuestas, se elaboró una base de datos en Excel Microsoft, donde se clasificaron por: grupo, familia, género, especie y en algunos casos variedad; origen; categoría gastronómica, forma de preparación o cocción, parte del organismo que se consume, utilizando una metodología similar a Martínez *et al*. (2021).

2.1 Riqueza de conocimiento

El Índice de Riqueza de Conocimientos (IRC) señala el grado de conocimiento de los informantes. El cálculo del IRC se obtuvo mediante la fórmula:

$$RQZ = \Sigma EU / \text{Valor EU Máximo}$$

ΣEU es la suma del número de especies de los subgrupos de los RGAA que un informante proporciona; y el Valor EU Máximo es igual al número de especies registrado por todos los informantes en este estudio. Se considera como indicador el Índice de Riqueza (RQZ) o Diversidad Cultural, el sexo y la edad, y la permanencia en la región del informante (Castellanos, 2011).

2.2 Valor de uso

El Índice de Valor de Uso (IVU) determina la frecuencia de una especie frente al total de las especies registradas en la zona de estudio. Para obtener el IVU, se consideró la siguiente fórmula:

$$VU\ is = \frac{\sum \text{Frecuencia de la especie } is}{\text{Valor máximo de la especie más utilizada}}$$

El VU *is* representa el índice de valor de uso de la especie *is*; el ∑ Frecuencia de la especie es la suma de las veces que fue mencionada la especie por los

informantes y el Valor Máximo de la especie más utilizada es el reporte numérico de la especie con más frecuencia de uso, en este caso puede ser la misma especie u otra distinta. Este índice tiene valores entre 0 y 1, tanto que 1 representa a la especie con mayor mención (Castellanos, 2011).

3. Forma de consumo

De acuerdo con los datos proporcionados por los informantes, se obtuvieron las categorías gastronómicas de las especies, similar al trabajo de Martínez *et al.* (2021). Posteriormente, de cada categoría se describió la forma de preparación entre las especies.

3.1 Parte consumida

De las especies con aprovechamiento alimenticio, se recopiló la información de la frecuencia de las partes consumidas. Las partes consumidas para los recursos genéticos fúngicos son la seta o cuerpo fructífero del hongo; para los recursos zoogenéticos invertebrados el néctar o miel, cuerpo adulto, cuerpo juvenil, ninfa y larva; para los recursos zoogenéticos vertebrados la carne, grasa, leche, sangre, vísceras, huevo, patas y piel; para los recursos fitogenéticos son el fruto, hojas, tallo, semillas o grano, flor, tubérculo, savia, vaina, meristemos, raíz y agallas (Martínez *et al.*, 2021).

Resultados

Se identificaron 151 especies de RGAA, ejemplo de algunas se observan en la figura 1. De acuerdo con el estimador ACE de forma global se espera una diversidad de 161 especies, mientras que con el índice CHAO-1 se estiman 163 especies, dando un esfuerzo de muestreo del 94 y 92 % respectivamente.

1. Agrobiodiversidad comestible

En la comunidad de Santa Águeda, Pinal de Amoles, Querétaro, se determinaron 151 especies con aprovechamiento alimenticio, pertenecientes a 110 géneros y 62 familias. La diversidad a nivel de especie se compone de dos fúngicas, ocho zoogenéticas de invertebrados, 28 zoogenéticas de vertebrados y 113 fitogenéticas. El grupo de mayor riqueza de consumo es el vegetal, mientras que el de menor frecuencia es el fúngico. En el Anexo I se presenta la lista de las especies registradas junto con su denominación popular, diagnóstico comunitario, estatus de distribución y su clasificación taxonómica.

Recursos genéticos fúngicos

En el caso de los recursos genéticos fúngicos se tiene el registro de dos especies. La especie *Ustilago maydis*, mencionada popularmente como hongo del maíz. El hongo rojito del género *Russula*, también es consumido, aunque se limita exclusivamente a un solo informante de la comunidad, quien es capaz de identificarlo con precisión.

Recursos zoogenéticos invertebrados

Se identificaron ocho especies de recursos zoogenéticos invertebrados. Todos los organismos registrados son artrópodos terrestres. De la colmena (*Apis mellifera*), la colmena prieta (*Heriades texana*) y la colmena guaricha (*Polybia plebeja*), se consume su miel; así como la hormiga roja (*Atta mexicana*), que es consumida en su estadio adulto.

Recursos zoogenéticos vertebrados

Se identificaron 28 especies de recursos zoogenéticos vertebrados. Dentro de las granjas y corrales se encuentran los grupos de aves (*Anatidae, Numididae y Phasianidae*) y mamíferos (*Bovidae, Leporidae y Suidae*). En medio silvestre se identifican aves (*Columbidae y Odontophoridae*), mamíferos (*Canidae, Cervidae, Dasypodidae, Didelphidae, Leporidae, Miphitidae, Mustelidae, Procyonidae y Sciuridae*) y reptiles (*Kinosternidae y Viperidae*). El grupo de reptiles, con cuatro especies, es el único con aprovechamiento alimenticio que está disponible en el medio silvestre, conformado por las tortugas de casquito (*Kinosternon hirtipes* y *Kinosternon integrum*), la víbora de cascabel amarilla (*Crotalus aquilus*) y la víbora de cascabel cola negra (*Crotalus molossus*).

Recursos fitogenéticos

Se identificaron 113 especies. Este grupo es el de mayor importancia en la comunidad y es la base de su alimentación. Los organismos vegetales presentan variadas categorías gastronómicas,

formas de preparación y ubicados en diferentes tipos de agroecosistemas.

2. Origen de la agrobiodiversidad comestible

En Santa Águeda, Pinal de Amoles, la categoría de nativa es la principal en la distribución de origen de las especies para la alimentación y la agricultura. Lo anterior, se expresa como el 60 % de la riqueza, equivalente a 91 especies, son nativas, mientras que el 40 % (60 especies) son introducidas. En los recursos zoogenéticos invertebrados, el 88 % de las especies del grupo son nativas, mientras que el 12 % son introducidas. En los recursos zoogenéticos vertebrados el 64 % de las especies son nativas y el 32 % son introducidas. De las nueve especies introducidas, cinco de ellas encabezan el IVU (Índice de Valor de Uso) alto por su tipo de recurso (*Gallus gallus, Bos taurus, Sus scrofa, Ovis aries* y *Oryctolagus cunicularis*) y son introducidas. Lo que significa que a pesar de que haya más especies nativas que potencialmente se consumen, en el conocimiento colectivo se frecuentan más las especies exóticas de este grupo.

En los recursos fitogenéticos, el 55 % de las especies son nativas y el 44 % son introducidas. El 51 % de las especies introducidas tiene como categoría gastronómica ser de aprovechamiento como bebida.

2.1 Riqueza de conocimiento

De acuerdo con las especies registradas por tipo de recurso, se determinó el Índice de Riqueza de Conocimientos (IRC) por parte de los habitantes, con un valor global de 0.275, equivalente a la mención de 42 de las 151 especies totales por informante.

2.4 Valor de uso

Se obtuvo el Índice de Valor de Uso (IVU) de forma global para todas las especies, así como el IVU por tipo de recurso. De forma global, la gallina (*Gallus gallus*) es la especie con la mayor frecuencia de mención, con 24 referencias de las 25 personas entrevistadas. El maíz (*Zea mays*) y la vaca (*Bos taurus*) obtuvieron el segundo y tercer lugar, respectivamente, con 23 y 22 referencias cada uno. Por lo anterior, se considera a G*allus gallus* la especie con el mayor Índice de Valor de Uso (IVU) global. El IVU por tipo de recurso de las especies más representativas se desglosa de la siguiente manera:

1. Recursos genéticos fúngicos: huitlacoche (*Ustilago maydis*).
2. Recursos zoogenéticos invertebrados: abeja (*Apis mellifera*), guaricha (*Polibia plebeja*) y colmena prieta (*Heriades texana*).
3. Recursos zoogenéticos vertebrados: gallina (*Gallus gallus*), vaca (*Bos taurus*) y cerdo (*Sus scrofa*).
4. Recursos fitogenéticos: maíz (*Zea mays*), chayote (*Sechium edule*), nopal colorado (*Opuntia ficus-indica*), calabaza *(Cucurbita argyrosperma*), durazno (*Prunus persica*) y jitomate (*Solanum lycopersicum*).

Se identificaron 21 especies, lo que representa 14 % de la riqueza de la zona, cuyo IVU es de 0.043, es decir, solo tienen una mención por parte de los informantes. Este es el grupo más vulnerable ante la pérdida de conocimientos tradicionales. El 50 % de las especies de recursos genéticos fúngicos y los recursos zoogenéticos invertebrados se encuentran dentro de esta categoría.

3. Forma de consumo

Se obtuvieron 17 categorías gastronómicas y 60 formas de preparación derivadas para los distintos grupos de estudio (Figura 1). Los recursos genéticos fúngicos solamente se agrupan en la categoría de guisado, lo que involucra su cocción para su consumo. Seguido de los recursos zoogenéticos vertebrados y los recursos zoogenéticos invertebrados, con cuatro categorías cada uno. Los recursos fitogenéticos son más amplios en su preparación culinaria, con 15 categorías.

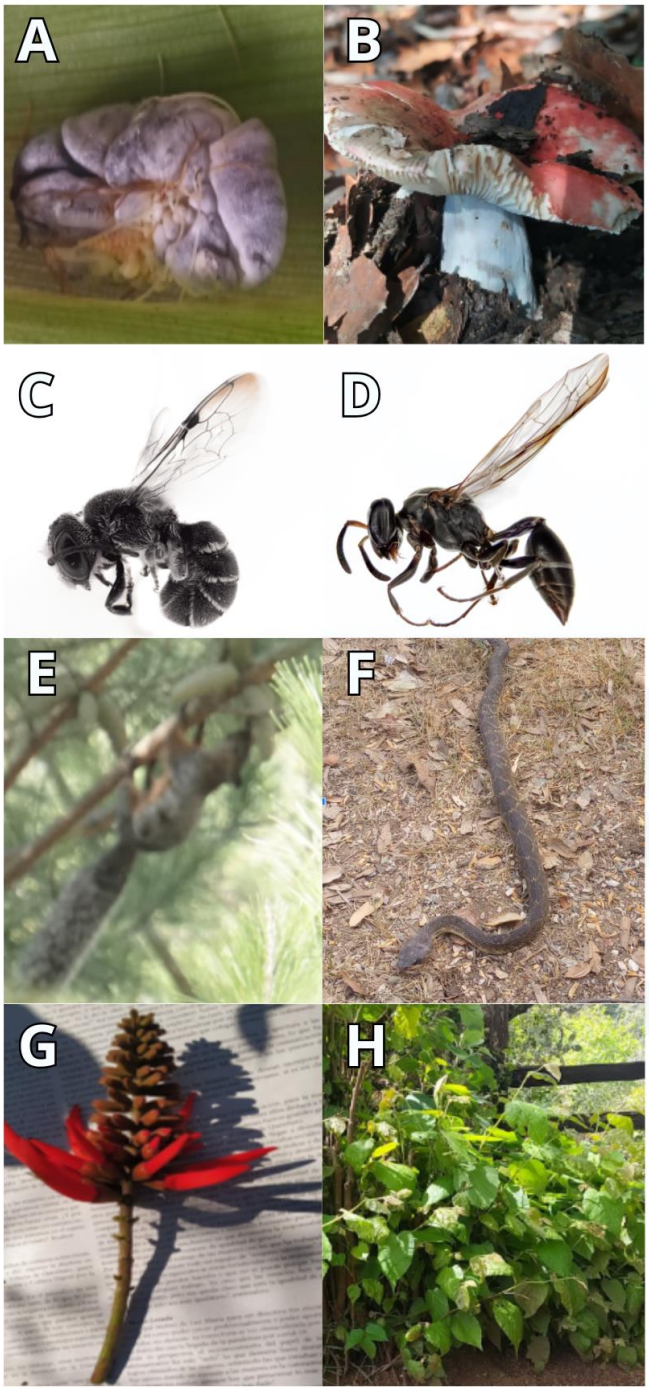


Figura 1. Recursos genéticos para la Alimentación y la Agricultura de Pinal de Amoles, Querétaro.
A) Huitlacoche u hongo del maíz (*Ustilago maydis*). **B)** Hongo rojito (*Russula* sp.). **C)** Colmena prieta, vista lateral (*Heriades texana*). ***D)*** *Colmena guaricha, vista lateral (Polibia plebeja)*. **E)** Ardilla roja (*Sciurus aureogaster*). **F)** Víbora de cascabel cola negra (*Crotalus molossus*). **G)** Pemoche (*Erythrina americana*). **H)** Jonote (*Heliocarpus appendiculatus*). Fotografías de autoría propia. *Fotografías C y D de Eric Daniel Velasco Esquivel, sobre material colectado en esta investigación.

1. Asado: alimento que se prepara bajo un método de cocción lenta, ya sea a fuego directo o sobre un comal. Llega a estar acompañado de una salsa de marinado, condimentos o solo. El término asado deja una consistencia suave y jugosa, mientras que un término tostado tiene una textura crocante. Una cocción aún más prolongada al fuego junto con un largo periodo de secado es fundamental para la preparación de la carne en polvo.
2. Guiso: alimento que se prepara con una cocción en salsa, se hierve con caldo o se deja sofreír.
3. Endulzante: se adiciona a las bebidas o a los postres para dar un sabor dulce, se puede ocupar como sustituto del azúcar.
4. Postre: alimento de sabor dulce, en algunas ocasiones requiere un proceso de cocción previo.
5. Bebida (atole): bebida que se produce de la cocción de la masa del maíz, un endulzante (miel, piloncillo o azúcar) y opcionalmente la mermelada de fruta o un cereal. Además, en algunas ocasiones se añade leche en lugar de agua.
6. Bebida (fermento o destilado): bebida alcohólica que se genera de la destilación o fermentación, elaborada a partir del agave o las frutas.
7. Bebida (infusión): bebida a base de agua y plantas frescas o secas. Se utiliza la raíz, la corteza, el tallo, las hojas, los frutos o la floración.
8. Bebida (jugo): bebida que se obtiene de la extracción de la fruta, puede ser puro o diluido en agua, opcionalmente se añade un endulzante.
9. Botana: alimento que satisface temporalmente la sensación de hambre, su tamaño es reducido en comparación con un alimento principal.
10. Cereal: son semillas o granos de la familia Poaceae que pueden consumirse a través de un proceso de cocción, hervidas en agua o con leche.
11. Condimento o salsa: son elementos vegetales (como la raíz, la corteza, el tallo, las hojas, los frutos o la floración) que ayudan a sazonar o crear caldos semi espesos con o sin cocción.

12. Fritura: es la cocción de la carne sobre su propia grasa o alguna otra grasa animal o vegetal a altas temperaturas. Se elabora en cazuelas de metal.
13. Fruta: son los frutos de las especies vegetales. Suelen consumirse directamente sin pasar por un proceso de cocción. Las agallas, producto de parásitos de las plantas, son consideradas frutas.
14. Lácteo: productos derivados de la leche de mamíferos (vaca y cabra).
15. Leguminosa: vainas de la familia Fabaceae que se consumen después de un proceso de cocción en agua.
16. Quelite: son elementos vegetales (tallo, hojas o floración) que son considerados comestibles de forma directa o con un proceso de cocción.
17. Verdura: elemento vegetal (tallo o fruto) que se consume en caldos, guisos, ensaladas o directamente sin pasar por un proceso de cocción.

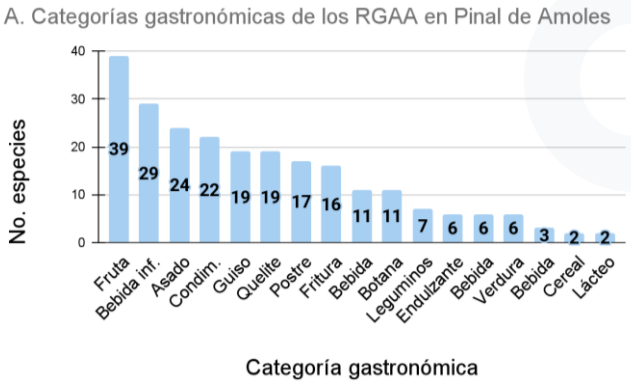


Figura 2. Recuento de categorías gastronómicas de los RGAA.

La víbora de cascabel se consume asada o en polvo. El proceso de asado junto con el secado total permite conservar la carne durante amplias temporadas, que va de semanas a meses. Las principales categorías gastronómicas se ilustran en la figura 2.

La principal categoría gastronómica es la fruta y la segunda son las bebidas infusionadas. De las segundas, el consumo frecuente está asociado a las propiedades medicinales, principalmente como auxiliares de la digestión o contra afecciones respiratorias. Cabe destacar, que el té se consume en las mañanas o junto con los alimentos de la tarde, por lo que forma parte de la dieta cotidiana de los habitantes. Por su importancia tradicional, el consumo de infusiones es equiparable al consumo de maíz.

El maíz es la especie de los recursos fitogenéticos más importante en la comunidad de Santa Águeda. Se encuentra como parte de la categoría gastronómica de bebida (atole) y cereal. Sus formas de preparación son como atole, nixtamalizado, masa, tamal, tortilla, tostada, gordita, sopa y pan tradicional. En el Día de Muertos, conmemorado el 1.º y 2° de noviembre, se prepara un pan tradicional de masa de maíz, piloncillo y anís. Se le suele dar forma de niños o angelitos y se tuesta sobre un comal de barro de chililite, elaborado en la misma comunidad. Se prepara como parte de la ofrenda a los difuntos.

Parte consumida

En los hongos, la parte que se consume es el cuerpo fructífero, el micelio y las esporas. En los recursos zoogenéticos invertebrados se consumen las mieles, las ninfas y juveniles, el cuerpo adulto y en menor cantidad las larvas. Las mieles son el resultado de una asociación simbiótica con las plantas polinizadas, por lo que no sería posible su aprovechamiento sin la existencia de su floración. Los órganos que se consumen de los animales vertebrados incluyen la carne, la grasa, las vísceras, la sangre, la piel, las patas, los huesos y en algunos otros el huevo y la leche. La carne se consume en el 100 % de las especies de este tipo de recurso. La grasa se aprovecha para freír las carnes o los guisos, además de su consumo, se emplea como remedio medicinal. La sangre se consume preparada como moronga. Las especies con mayor aprovechamiento por las partes consumidas son el cócono, la gallina, la vaca y el cerdo.

De los recursos fitogenéticos se consumen los frutos, las hojas, los tallos, las semillas o los granos, la flor, los tubérculos, savia, vaina, meristemos laterales, raíces y agallas. Al igual que la situación con las mieles, las agallas surgen de una relación simbiótica parasitaria de un artrópodo que oviposita cerca de los meristemos laterales del *Quercus crassifolia*. Por lo que el ciclo reproductivo del insecto está estrechamente relacionado con la generación y consumo de agallas.

La savia de las plantas se aprovecha como una bebida fermentada o endulzante. En el caso de los *Agaves*, se produce el pulque y el aguamiel, bebidas alcohólicas fermentadas. De la caña se aprovecha su savia, la cual se almacena en botellas de plástico hasta reducir su humedad para elaborar piloncillo. En los últimos años, ha disminuido considerablemente la producción de piloncillo en la comunidad, pasando de una actividad frecuente a escasa.

Discusión

Recursos genéticos fúngicos

Para el estado de Querétaro se estiman 224 especies de hongos, de los cuales 54 especies se consumen (Robles-García *et al.*, 2018; Bravo-Avilez *et al*., 2022). Sin embargo, para Santa Agueda solo dos especies fueron registradas como comestibles. Se considera que la comunidad tiene un conocimiento restringido sobre el consumo de hongos. Ruan-Soto *et al*. (2009) señala que la ocupación, el género y la edad son factores sociales de importancia para la transmisión de conocimientos sobre consumo de hongos en las comunidades rurales de México, por lo que es importante incentivar su difusión, importancia y consumo en Pinal de Amoles.

Recursos zoogenéticos invertebrados

Con los resultados obtenidos en esta investigación se obtuvieron más especies que las descritas por Bravo-Avilez *et al*. (2022), que en conjunto ahora se conocen un total de 12 especies de insectos terrestres con importancia alimenticia, su periodo de consumo y la forma de preparación en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. El conocimiento sobre el consumo de la miel producida por la especie *Heriades texana* es el primer registro a nivel estatal. Esta muestra constituye la colecta más al sur de la especie (The Global Biodiversity Information Facility, 2024). La información y el organismo colectado es significativo para continuar con el estudio de esta especie. La especie *Geotrigona acapulconis* es conocida como colmena prieta y también se consume su miel. Hay una similitud física entre la especie descrita por Bravo-Avilez *et al.* (2022) y la encontrada en este estudio. Por lo que no se descarta la posibilidad de que haya más de una especie a la que se le conoce con este nombre en común.

Recursos zoogenéticos vertebrados

Las investigaciones previas sobre animales vertebrados comestibles corresponden a determinadas comunidades del estado de Querétaro y grupos (Bravo-Avilez *et al*., 2022). En reptiles, la riqueza del estado es de 97 especies (Cruz-Elizalde *et al*., 2023), por lo que con los resultados obtenidos en esta investigación se determinó que el 4 % tiene potencial alimenticio. Para el grupo de mamíferos, la diversidad es de 101 especies en el estado (Agoitia, 2017), 14 de estas especies se consumen.

Hay evidentes transiciones alimentarias conforme se intercepta entre los gradientes rurales y urbanos, estos últimos reducen el consumo de proteínas silvestres (Vanegas *et al*., 2016). En comparación con nuestros resultados, la comunidad de Santa Águeda tiene su mayor frecuencia de consumo en animales de granja domesticados, los cuales en primer y segundo lugar se encuentran la gallina (*G. gallus*) y la vaca (*B. taurus*). La influencia de las proteínas no nativas ya es esencial para la alimentación de la comunidad.

Los recursos de fauna silvestre en la alimentación rural y urbana tienen como resultado la diversificación y la reducción de las consecuencias nocivas para la salud (Vanegas *et al.,* 2016). Lo anterior corresponde a la asociación de propiedades medicinales a la que se le atribuyen las carnes silvestres. Además, la alimentación de los animales vertebrados que crecen en cerro o monte está libre de suplementos alimenticios. La alimentación en las granjas familiares tiende a ser más orgánica al nutrirlos con desechos vegetales y son pocas las especies a las que se les administra “alimento de engorda”, como el “pienso”. Por lo tanto, se consideran alimentos más nutritivos y sanos.

Recursos fitogenéticos

De acuerdo con investigaciones recientes (Hernández-Sandoval y González-Santos, 2024), Querétaro cuenta con 277 especies de plantas comestibles. Nuestra investigación suma 61 especies adicionales, totalizando 338 especies. Esto representa el 8.7% de las 3,857 especies de plantas en el estado, (Rzedowski y Bedolla, 2021). En la Reserva de Biosfera Sierra Gorda, Hernández-Sandoval y Castillo-Gómez (2022) reportaron 148 especies comestibles, que se incrementan a 228 con

nuestros resultados. Se identifican tres razones principales de estas diferencias. En primer lugar, nuestra investigación considera tanto especies introducidas como nativas. Segundo, se enfoca específicamente en especies alimenticias. Y finalmente, nuestra investigación aborda una brecha en la exploración de esta región en Pinal de Amoles. En otros estudios previos enfocados en zonas del estado, se determinó principalmente los tipos de usos de las especies (Bravo-Avilez *et al.*, 2022).

Conclusiones

En Santa Águeda, Pinal de Amoles, se identificaron en total 151 especies comestibles que pertenecen a los diferentes grupos de RGAA. De las cuales el 60 % proviene de especies nativas. En las áreas rurales se continúa consumiendo una amplia variedad de alimentos base para una soberanía y seguridad alimentaria. No obstante, el conocimiento promedio de especies por informante oscila en la mención del 25 % de la diversidad existente.

El Índice de Riqueza del Conocimiento (IRC) fue de 0.275, equivalente a la mención de 42 de las 151 especies por informante. Por lo que, se considera prioritario llevar a cabo actividades de sensibilización en la población de Santa Águeda para la revaloración de la diversidad de recursos genéticos que se utilizan para la alimentación y la agricultura. Con la finalidad de fomentar su conservación y aprovechamiento sostenible para asegurar la disponibilidad de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente pertinentes para la soberanía alimentaria de la comunidad.

Bibliografía

Agoitia, V. (2017). *La comunidad de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y su relación con la heterogeneidad y perturbación ambiental*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.

Bravo-Avilez, D., Sánchez-Rangel, B., Osorno-Sánchez, T., Landeros-Jaime, F., y. Cabrera-Luna, J. (2022). Etnobiología del noreste de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro, México. *Etnobiología*, 20, 86-103.

Carmona-Galindo, V. D. y Carmona T. V. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14, 20-28.

Castellanos, L. I. (2011). Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del Río Cane-Iguaque (Boyacá - Colombia); una aproximación desde los sistemas de uso de la biodiversidad. *Ambiente & Sociedad*, 14, 45-75 https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100004

Colwell, R.K. (2024). *EstimateS 9.1. Boulder*. Robert K. Colwell. Recuperado el 25 de abril del 2024 de https://www.robertkcolwell.org/pages/1407-estimates

Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad. (2021). *Agrobiodiversidad*. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 22 de enero del 2024 de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/que-es/agrobiodiversidad

Cruz-Elizalde, R., Hernández, N., Pineda-López, R. y Jones, R. (2023). Anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro, México: riqueza de especies, estado de conservación y comparación con otras áreas naturales protegidas del centro de México. *Rev. Mex. Biodivers.*, 94, 01-24.

Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Rev. Cubana Med Gen Integr*, 37, 1442.

Hernández-Sandoval, L., y H. Castillo-Gómez. 2022. Ethnobotanical Knowledge Within the Sierra Gorda, Querétaro, Mexic en A. Casas y J. Blancas Vázquez, (Eds.). *Ethnobotany of the Mountain Regions of Mexico*. (pp. 1–136). Springer Cham.

Hernández-Sandoval, L. y Gonzalez-Santos, R. (2024). Mexico and the diversity of edible plants: The case of the state of Querétaro. *Genet Resour Crop Evol*, 10.1007/s10722-024-02063-7

López, E., Ruíz, L., Gómez, B., Castro, A. y Sánchez, M. (2018). Conocimiento y percepción

tsotsil sobre los insectos perjudiciales para la milpa en la reserva de la selva El Ocote (Chiapas, México). *Est. Cult. maya*, 52, 255-290, https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2018.52.882

Martínez, S., Aguilar-Galván, F. y Hernández-Sandoval, L. (2021). Plantas silvestres comestibles de la barreta, Querétaro, México y su papel en la cultura alimentaria local. *Etnobiología*, 19, 41-62.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. 17a Reunión ordinaria. Tema 3.2 del programa provisional. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/fde96832-51da-432d-8ec2-a2d6030f754c/content

Pagaza, E., González, M., Pacheco, R. y Pulido M. (2006). Importancia cultural, en función del uso, de cinco especies de artrópodos en Tlacuilotepec, Puebla, México. S*itientibus série Ciências Biológicas*, 6, 65-71.

Robles-García, D., Suzán-Azpiri, H., Montoya-Esquivel, A., García-Jiménez, J., Esquivel-Naranjo, E., Yahia, E. and Landeros-Jaime, F. (2018). Ethnomycological knowledge in three communities in Amealco, Querétaro, México. J Ethnobiology Ethnomedicine, 14, 01-13, 10.1186/s13002-017-0202-7

Ruan-Soto, F., Cifuentes, J., Mariaca, R., Limón, F., Pérez-Ramírez, L. y Sierra, S. (2009). Uso y manejo de hongos silvestres en dos comunidades de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Rev. Mex. Mic*, 29, 61-72.

Rzedowski, J. y Bedolla, B. (2021). *Fascículo complementario XXXVII: Catálogo de plantas vasculares registradas en el Estado de Querétaro*. Instituto de Ecología A. C.

The Global Biodiversity Information Facility. (2024). *Acceso abierto y gratuito a datos sobre biodiversidad*. GBIF. Recuperado el 10 de abril del 2024 de https://www.gbif.org/es/

Vanegas, L., Van-Vliet, N., Cruz, D. y Sandrin, F. (2016). Contribución proteica de animales silvestres y domésticos a los menús de los contextos rurales, peri-urbanos y urbanos de varias regiones de Colombia. *Biota Colomb*, 17, 26-43, https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21068/C2016v17r01a03

Vela, E. (2010). La calabaza, el tomate y el frijol. *Arqueol. mex.*, 36, 08-1010.

Distribución y diversidad del género *Dahlia* Cav. en Querétaro, México

[1]Gabriela Sánchez-Mendoza, [2]Rosalinda González-Santos, [3]Patricia Herrera-Paniagua, [4]Luis Hernández-Sandoval

[1]Licenciatura en Horticultura Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Juriquilla, [2,3,4]Laboratorio de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Correo: rosalinda.gonzalez@uaq.mx

Resumen

En México hay 43 especies del género *Dahlia.* Desde el año 1963 se le designó como la flor nacional y se utiliza como ornamental, alimento, medicinal y ceremonial. El objetivo de la presente investigación fue determinar la distribución y diversidad del género *Dahlia* en las provincias biogeográficas y municipios del estado de Querétaro. Con la finalidad de identificar sitios de colecta dirigida para la conservación *ex situ*. Se integró un base de datos con 322 registros de herbarios del SNIB, datos abiertos de la UNAM, GBIF, el Herbario "Dr. Jerzy Rzedowski" (QMEX) y el Banco de Germoplasma-UAQ. Se elaboró un mapa de distribución y uno de riqueza del género en el estado. Así como, la determinación de las especies que localizan en cada municipio. Se registra un total de 14 especies de *Dahlia* para el estado de Querétaro. Los registros de herbarios son del año 1969 al 2024. Las dalias se distribuyen en un rango altitudinal de 400 a 3000 msnm, especialmente en los bosques de coníferas y encinos. El Altiplano Mexicano fue la provincia biogeográfica con el mayor número de especies (12). El municipio con más especies fue Pinal de Amoles con ocho. Por el contrario, en seis municipios solo se localizó una especie. Para la conservación *ex situ* de la diversidad interespecífica de *Dahlia* la provincia biogeográfica prioritaria es el Altiplano Mexicano.

Palabras clave: riqueza, provincias biogeográficas, herbario, municipios

Abstract

In Mexico there are 43 species of the *Dahlia* genus. Since 1963 it was designated as the national flower and is used as ornamental, food, medicine and ceremonial. The objective of this research was to determine the distribution and diversity of the genus *Dahlia* in the biogeographic provinces and municipalities of the state of Querétaro. With the purpose of identifying targeted collection sites for *ex situ* conservation. A database was integrated with 322 herbaria records from the SNIB, open data from the UNAM, GBIF, the "Dr. Jerzy Rzedowski" (QMEX) and the Germplasm Bank-UAQ. A distribution map and a richness map of the genus in the state were prepared. As well as the determination of the species found in each municipality. A total of 14 species of *Dahlia* are recorded for the state of Querétaro. Herbarium records are from 1969 to 2024. *Dahlias* are distributed in an altitudinal range of 400 to 3000 meters above sea level, especially in coniferous and oak forests. The Mexican Altiplano was the biogeographic province with the highest number of species (12). The municipality with the most species was Pinal de Amoles with eight. On the contrary, only one species was found in six municipalities. For the *ex situ* conservation of the interspecific diversity of *Dahlia*, the priority biogeographic province is the Mexican Altiplano.

Key words: richness, biogeographic provinces, herbarium, municipalities

Introducción

El género *Dahlia* de la familia Asteraceae, es nativo de México y apreciado por la belleza de sus flores por lo que se le asignó como la flor nacional en representación de la floricultura nacional desde el año 1963 (Carrasco-Ortiz *et al*., 2019, Asociación Mexicana de la Dalia, 2024). La planta también se

utiliza como ceremonial, ornamental, forrajera, medicinal y alimenticia (Mera y Bye, 2006). El género está conformado por 43 especies, de las cuales 35 son endémicas de México (SEMARNAT, 2018). Su distribución geográfica abarca la mayoría de los estados excepto las penínsulas. Los estados de Oaxaca, Hidalgo, Guerrero, Michoacán y Querétaro son los de mayor diversidad. El género se localiza en nueve tipos de vegetación, sobre todo en el bosque de coníferas y encino, en el bosque tropical caducifolio y en el matorral xerófilo. El rango de altitud en la cual se localiza el género es de 24 a 4000 msnm (Carrasco-Ortiz *et al.*, 2019).

A nivel mundial, las dalias han sido objeto de una intensa modificación genética que ha producido más de 50,000 variedades (Mera y Bye, 2006). Estas variedades han sido obtenidas a partir de una base genética de cuatro especies: *D. coccinea* Cav., *D. sorensenii* H.V. Hansen & Hjert., *D. merckii* Lehm. y *D. imperialis* (Bye y Linares, 2008). Sin embargo, en México, país de origen del género, se tienen registradas solo 13 variedades con derecho de obtentor (SNICS, 2024). Para potenciar el aprovechamiento sostenible de la diversidad de *Dahlia* uno de los primeros pasos es disponer de material genético en bancos de germoplasma. Es decir, bajo condiciones de conservación *ex situ,* que se refiere al resguardo de muestras fuera de su hábitat natural en condiciones controladas y optimas que las mantienen vivas. Estas se utilizan para la caracterización, evaluación, pre-mejoramiento. Además, de tener material genético en resguardo en caso de su pérdida en su hábitat natural (*in situ*) (FAO, 2011). No obstante, el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma de Querétaro solo dispone de 13 accesiones de *Dahlia* sin suficiente semilla y no identificadas (FCN-UAQ, 2024a), por lo cual es necesaria su colecta dirigida para su conservación y aprovechamiento sostenible.

En el estado de Querétaro por su ubicación se localizan las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Oriental, el Altiplano Mexicano y el Faja Volcánica Transmexicana (CONABIO, 1997; Morrone, 2019). De acuerdo con Rzedowski y Bedolla-García (2021) en el estado de Querétaro se localizan 12 especies de *Dahlia*, considerado como uno de los estados más diversos del género. El objetivo de la presente investigación fue determinar la distribución de las especies en las provincias biogeográficas y los municipios de Querétaro, con la finalidad de identificar áreas prioritarias para la conservación *ex situ* del género *Dahlia*.

Materiales y Métodos

Base de datos

Se consultaron cuatro bases de datos: Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) (CONABIO, 2024), el portal de datos abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2024), Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2024) y el Herbario Dr. Jerzy Rzedowski (QMEX) de la Universidad Autónoma de Querétaro (FCN-UAQ, 2024b), Banco de Germoplasma de la UAQ (FCN-UAQ, 2024a). Los nombres científicos fueron cotejados en POWO (2023). Además, se llevaron a cabo colectas de campo en el periodo agosto-octubre 2024. La información recopilada se capturó en una base de datos con las siguientes categorías: número de colecta, colección, institución, fecha de colecta, especie valida, endemismo, municipio, localidad, longitud, latitud y altitud. De las bases consultadas se descartaron tanto los duplicados como los que carecían de coordenadas.

Distribución

Se hizo un mapa de distribución geográfica, con la información georreferenciada obtenida de los registros de las bases de datos revisadas y del trabajo de campo, mediante el software QGIS versión 3.16.11. Se utilizaron cuatro capas: Provincias biogeográficas de México, 1:4000000 (CONABIO, 1997); AGEE Área Geoestadística Estatal, 1:250000 (INEGI, 2024), AGEM Área Geoestadística Municipal, 1:250000 (INEGI, 2024) y Vegetación Potencial, 1:4000000 (Rzedowski, 1990).

Riqueza de especies

Para el análisis de riqueza de especies se calcularon las distancias máximas para definir el tamaño de celda que obtuvo un valor de 0.08 km x 0.08 km con el uso

DIVA-GIS versión 7.5 similar a la metodología utilizada por Hernández-Sandoval y González-Santos (2024). Los resultados fueron visualizados en QGIS versión 3.16.11. Para probar si las áreas de riqueza dependen del número de observaciones se aplicó una prueba de regresión en DIVA-GIS versión 7.5.

Resultados

Base de datos

Con la compilación de las bases de datos inicialmente se obtuvieron 552 registros, de los cuales se excluyeron 230 por ser repetidos entre las colecciones y/o por falta de coordenadas. Al final se obtuvo un total de 322 de *Dahlia* para el estado de Querétaro. Se tienen ejemplares de herbario desde el año 1969, siendo los años con mayor número en 1988 con 23, 1989 con 27 y 1990 con 28 (Figura 1).

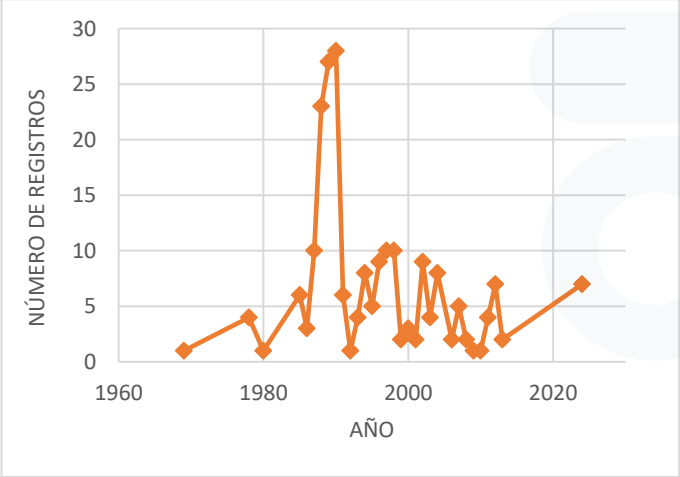


Figura 1. Número de registros de *Dahlia* el estado de Querétaro por año.

Distribución de *Dahlia* por provincias biogeográfica

Con base a los 322 registros, en Querétaro se localizan 14 especies de *Dahlia*. Distribuidas en las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Oriental, Altiplano Mexicano y Faja Volcánica Transmexicana. Las especies localizadas en las tres provincias biogeográficas del estado fueron *D. coccinea* y *D. merckii*. Seguidas de *D. linearis* y *D. sorensenii* que se localizan solo en el Altiplano Mexicano y Faja Volcánica Transmexicana. Las otras 10 especies se restringen a una sola provincia biogeográfica. El Altiplano Mexicano fue la que registró más especies con 12, seguida de la Sierra Madre Oriental con nueve y el Faja Volcánica Transmexicana con cuatro (Figura 2a; Cuadro 1). Se identificó solo una celda de 0.08 km x 0.08 km con seis especies en los límites de la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano. Por el contrario, se localizaron tres celdas con cinco en el Altiplano Mexicano, específicamente en el municipio de Cadereyta, Peñamiller y Colón. En el caso del Faja Volcánica Transmexicana se identificaron celdas con tres o menos (Figura 2b). La Sierra Madre Oriental ha sido más explorada con 124 registros, seguido del Altiplano Mexicano con 106 y el Faja Volcánica Transmexicana con 92. En el análisis de regresión entre la riqueza y el número de observaciones se obtuvo un valor de R^2 de 0.7, que indica que las celdas tienen una baja dependencia por el número de observaciones. En la figura 2b, se observan las 17 colectas del Banco de Germoplasma de la UAQ, las cuales carecen de identificación.

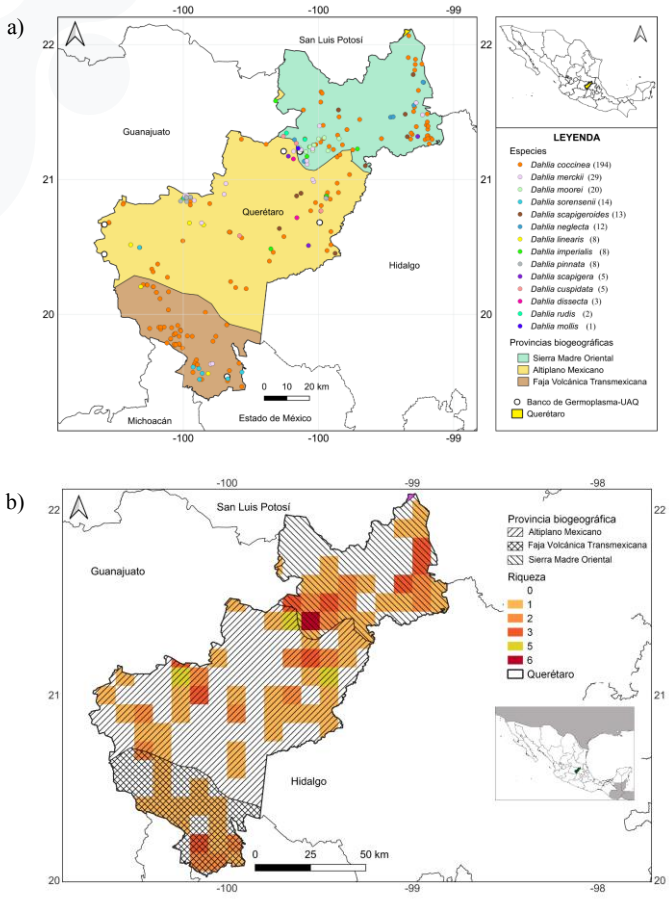


Figura 2. a) Distribución de *Dahlia* en las tres provincias biogeográficas y b) áreas de mayor riqueza de especies.

Cuadro 1. Número de especies de *Dahlia* registradas por provincia biogeográfica en el estado de Querétaro. Entre paréntesis indica el número de registros por provincia biogeográfica.

Altiplano Mexicano (106)	Faja Volcánica Transmexicana (92)	Sierra Madre Oriental (124)
D. coccinea	*D. coccinea*	*D. coccinea*
D. merckii	*D. sorensenii*	*D. moorei*
D. pinnata	*D. merckii*	*D. merckii*
D. scapigeroides	*D. linearis*	*D. neglecta*
D. linearis		*D. scapigeroides*
D. neglecta		*D. imperialis*
D. dissecta		*D. cuspidata*
D. imperialis		*D. rudis*
D. scapigera		*D. scapigera*
D. cuspidata		*D. mollis*
D. moorei		
D. sorensenii		

Las 14 especies de *Dahlia* que se encuentran en el estado de Querétaro se localizan a una altitud que va de los 400 a los 3000 msnm. Sin embargo, en promedio se localiza entre los 2000 y 2,500 msnm. Se ubican en cinco tipos de vegetación. El bosque de coníferas y encinos tiene el mayor número de especies con 12, seguido del matorral xerófilo con 10, pastizal con tres, el bosque tropical caducifolio y bosque espinoso con una especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de especies y registros de *Dahlia* por tipo de vegetación en el estado de Querétaro.

Tipo de vegetación	Especies
Bosque de coníferas y encinos	*D. coccinea*, *D. cuspidata*, *D. imperialis*, *D. linearis*, *D. merckii*, *D. mollis*, *D. moorei*, *D. neglecta*, *D. pinnata*, *D. rudis*, *D. scapigeroides*, *D. sorensenii*
Matorral xerófilo	*D. coccinea*, *D. cuspidata*, *D. dissecta*, *D. imperialis*, *D. linearis*, *D. merckii*, *D. neglecta*, *D. scapigera*, *D. scapigeroides*, *D. sorensenii*
Pastizal	*D. coccinea*, *D. scapigeroides*, *D. sorensenii*
Bosque tropical caducifolio	*D. coccinea*
Bosque espinoso	*D. coccinea*

Distribución de *Dahlia* en los municipios de Querétaro

El municipio con mayor número de especies es Pinal de Amoles con ocho, seguido de San Joaquín, Colón y Cadereyta con seis cada uno. Los otros 14 municipios restantes tienen menos de cinco. La especie que es común en los municipios es *D. coccinea*. Las dos especies no consideradas en previos estudios para Querétaro son *D. imperialis* y *D. rudis* (Carrasco-Ortiz *et al*., 2019; Rzedowski y Bedolla-García, 2021). En el caso de la primera especie se localiza en los municipios de San Joaquín, Colón, Cadereyta, Jalpan y Arroyo Seco. Por el contrario, *D. rudis* soló se registró en Pinal de Amoles y Peña Miller (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de especies de Dalia registradas por municipio en el estado de Querétaro**.**

Municipio (riqueza)	Especies
Pinal de Amoles (8)	*D. coccinea*, *D. cuspidata*, *D. imperialis*, *D. merckii*, *D. mollis*, *D. moorei*, *D. neglecta*, *D. rudis*
San Joaquín (6)	*D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. merckii*, *D. moorei*, *D. pinnata*, *D. scapigeroides*
Colón (6)	*D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. linearis*, *D. merckii*, *D. neglecta*, *D. pinnata*
Cadereyta de Montes (6)	*D. coccinea*, *D. cuspidata*, *D. dissecta*, *D. imperialis*, *D. scapigera*, *D. scapigeroides*

Peñamiller (5)	*D. coccinea*, *D. cuspidata*, *D. dissecta*, *D. rudis*, *D. scapigera*
Landa de Matamoros (5)	*D. coccinea*, *D. merckii*, *D. neglecta*, *D. scapigera*, *D. scapigeroides*
Amealco de Bonfil (4)	*D. coccinea*, *D. linearis*, *D. merckii*, *D. sorensenii*
Qurerétaro (3)	*D. coccinea*, *D. linearis*, *D. sorensenii*
Jalpan de Serra (3)	*D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. scapigeroides*
Arroyo Seco (3)	*D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. scapigeroides*
Ezequiel Montes (2)	*D. coccinea*, *D. cuspidata*
Corregidora (2)	*D. coccinea*, *D. linearis*
Tolimán (1)	*D. merckii*
Tequisquiapan (1)	*D. coccinea*
San Juan del Río (1)	*D. coccinea*
Pedro Escobedo (1)	*D. coccinea*
Huimilpan (1)	*D. coccinea*
El Marqués (1)	*D. coccinea*

Discusión

Se identificó que el estado de Querétaro tiene 14 especies de *Dahlia*, un número mayor en comparación a la diversidad señalada por Rzedowski y Bedolla-García (2021) quienes mencionan 12 especies y Carrasco-Ortiz *et al*. (2019) quienes mencionan solo 10. Los últimos autores no consideraron a *D. pinnata* por ser probablemente un híbrido. Sin embargo, para los fines del presente estudio se requiere identificar todo el germoplasma disponible en el estado para su conservación y aprovechamiento. Las otras especies que no estaban consideradas en previos estudios para Querétaro, pero en el presente trabajo se identificaron para el estado son: *D. imperialis* y *D. rudis*, que corresponden a ejemplares de herbario del QMEX y el herbario "Graciela Calderón y Jerzy Rzedowski" del Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío. La primera especie se localiza en los municipios de Pinal de Amoles, San Joaquín, Colón, Cadereyta, Jalpan y Arroyo Seco. En el caso de *D. rudis* se encuentra en Pinal de Amoles y Peñamiller. Otro aspecto relevante es que la mayoría de las colectas de los ejemplares de herbario son del año 1970 al 2000. Se considera que de llevarse a cabo una colecta dirigida de semilla para la conservación *ex situ* en los puntos de colecta antiguos es probable no encontrar *Dahlia*. Debido a factores como cambios de uso de suelo, especies invasoras, sobreexplotación, contaminación y cambio climático que impactan la distribución de las especies (CONABIO, 2022).

Carrasco-Ortiz *et al*. (2019) en el estudio de la distribución de la *Dahlia* en México, señalan que la provincia biogeográfica con mayor riqueza se localiza en la Sierra Madre Oriental, lo cual coincide con el área identificada en el presente estudio con una celda en la que convergen seis especies de *Dahlia* en Pinal de Amoles. No obstante, en el Altiplano Mexicano se identificaron tres celdas con cinco especies, que en su conjunto suman 12 diferentes (Figura 2, Cuadro 1). En cuanto a su distribución por tipo de vegetación, *Dahlia* se localiza principalmente en bosque de coníferas y encinos y matorral xerófilo, conforme a lo señalado por (Bye y Linares, 2008; Carrasco-Ortiz *et al*., 2019). Así mismo, Pinal de Amoles es el municipio más diverso de *Dahlia* que coincide con los señalado por Rzedowski y Bedolla-García (2021) como uno de los municipios más diversos de plantas vasculares.

Conclusión

En Querétaro se localizan 14 especies de *Dahlia*, distribuidas en las tres provincias biogeográficas del estado y se encuentran en cinco tipos de vegetación. El Altiplano Mexicano es la provincia biogeográfica que tiene el mayor número de especies con 12, pero la celda en la que coinciden seis especies se encuentra en la Sierra Madre Oriental, específicamente en el municipio de Pinal de Amoles. Se considera como provincia biogeográfica prioritaria para la conservación *ex situ* de la diversidad interespecífica el Altiplano Mexicano.

Referencias

Asociación Mexicana de la Dalia. (2024). Asociación Mexicana de la Dalia o Acocoxochitl, A.C. https://www.daliaoacocoxochitl.com/

Bye, R., & Linares, E. (2008). La Dalia, flor nacional de México. CONABIO. Biodiversitas, 76, 13-15.

Carrasco-Ortiz, Marco, Munguía-Lino, Guadalupe, Castro-Castro, Arturo, Vargas-Amado, Georgina, Harker, Mollie, & Rodríguez, Aarón. (2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género Dahlia (Asteraceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, (126), e1354. https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354

CONABIO. (1997). 'Provincias biogeográficas de México'. Escala 1:4 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

CONABIO. (2022). *¿Por qué se pierde la biodiversidad.* Biodiversidad Mexicana. Biodiversidad Mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque.html

CONABIO. (2024). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de ejemplares. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

FAO. 2011. Segundo Plan de Acción Mundial para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Roma. 104 pp.

FCN-UAQ, Facultad de Ciencias Naturales-UAQ. (2024a). *Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma de Querétaro*. https://fcn.uaq.mx/index.php/extension/banco-de-germoplasma

FCN-UAQ, Facultad de Ciencias Naturales-UAQ. (2024b). *Herbario Dr. Jerzy Rzedowski*. https://fcn.uaq.mx/index.php/extension/herbario/presentacion-herbario.

GBIF. (2024). *Acceso abierto y gratuito a datos sobre biodiversidad*. https://www.gbif.org/es/

Hernández-Sandoval, L. y González-Santos, R. (2024). Mexico and the diversity of edible plants: The case of the state of Querétaro. Genet Resour Crop Evol. https://doi.org/10.1007/s10722-024-02063-7

INEGI, (2024). 'AGEM Área Geoestadística Municipal', escala: 1:250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, Ciudad de México.

INEGI. (2024). 'AGEE Área Geoestadística Estatal', escala: 1:250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, Ciudad de México.

Mera Ovando, L. M., & Bye Boettler, R. (2006). La Dahlia una belleza originaria de México. Revista Digital Universitaria, 7(11). ISSN 1067-6079.

Morrone, J. J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversdiad del Nuevo Mundo. Revista Mexicana de Biodiversidad 90: e902980. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980

POWO. (2023). *Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew*. Published on the Internet; http://www.plantsoftheworldonline.org/.

Rzedowski, J. & Bedolla García, B. (2021). Fascículo complementario XXXVII: catálogo de especies de plantas vasculares registradas del estado de Querétaro. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. https://doi.org/10.21829/fb.547.2021.XXXVII

Rzedowski, J. (1990). Vegetación potencial. Mapa escala 1: 4,000,000. In: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (eds.). Atlas Nacional de México, Tomo II, Sección IV.8.2. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. (2018). *Dalia, flor representativa de México*. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dalia-flor-representativa-de-mexico?idiom=es

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, SNICS. (2024). *Gaceta Oficial de los Derechos de Obtentor (en línea).* https://lookerstudio.google.com/reporting/d00350bc-3705-414a-bf36-da97e7aa071f/page/itBWB

Universidad Nacional Autónoma de México. (2024). *Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias*. https://datosabiertos.unam.mx/.

Predicción de péptidos vacunales contra simbiontes de *Rhipicephalus microplus*

RUFINO MARTÍNEZ, Irvin Aradt[1], CORONA GUERRERO[2], Ivan, MOSQUEDA GUALITO, Juan Joel[3]

Laboratorio de investigación en inmunología y vacunas (LINVAS), Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales-Campus, Aeropuerto Carr. a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Querétaro, Qro rolando.mendoza@uaq.edu.mx

1er Autor: Irvin Aradt RUFINO MARTÍNEZ irufino31@alumnos.uaq.mx

1er Coautor: Iván CORONA GUERRERO ivan.corona@uaq.mx

2do Coautor: Juan Joel, MOSQUEDA GUALITO joel.mosqueda@uaq.mx

Resumen

Las garrapatas son vectores de diversos patógenos que afectan al ganado bovino. La microbiota de las garrapatas influye de manera significativa en su metabolismo y fecundidad. En este trabajo se partió del genoma de una cepa brasileña de un endosimbionte tipo *Coxiella* (Guizzo *et al*., 2017) y por medio de herramientas bioinformáticas se logró la predicción de péptidos inmunogénicos de proteínas de superficie del endosimbionte tipo *Coxiella*.

Palabras clave — *Coxiella*-Like endosymbiont, *Rhipicephalus microplus*, Microbiota.

Abstract

Ticks are vectors of multiple pathogens that affect cattle. Tick microbiota significantly affects their metabolism and fecundity. In this work, genome information from a Coxiella-like endosymbiont Brazilian strain (Guizzo *et al*., 2017) was analyzed using bioinformatic tools to predict immunogenic peptides from the *Coxiella*-like endosymbiont surface proteins.

Keywords — Coxiella-like endosymbiont, Rhipicephalus microplus, Microbiota.

Introducción

Las garrapatas se consideran, después de los mosquitos, como los vectores más importantes de enfermedades humanas; pero son consideradas como los vectores más relevantes que transmiten enfermedades en animales no humanos domésticos y de vida libre. Las garrapatas pueden parasitar una gran variedad de hospederos vertebrados como mamíferos, aves, anfibios y reptiles. Cada especie de garrapata tiene un tropismo hacia uno o varios hospedantes (2).

R. microplus es una garrapata que parasita bovinos, aunque se han reportado casos menos comunes de infestaciones en equinos y cérvidos. Las larvas de *R. microplus* pueden permanecer en vida libre hasta 4 meses antes de morir por inanición. *R. microplus* tiene un ciclo de vida de un solo hospedero, por lo que puede mudar a todos sus estadios de vida y copular sin desprenderse. Una vez que comienza a alimentarse, la garrapata puede completar su ciclo de vida en un periodo de 3 a 4 semanas (1,2,3).

La presencia de la garrapata *R. microplus* dificulta la producción ganadera en las regiones tropicales y subtropicales con presencia del vector. Los hatos de ganado que se intenten exportar a los Estados Unidos deben estar libres de garrapatas de acuerdo con las normas establecidas por SAGARPA y USDA. Antes de cruzar la frontera los bovinos deben ser sometidos a tratamientos garrapaticidas y preparados para la inspección por personal del servicio veterinario de USDA. En caso de que se detecten garrapatas en un solo bovino, todo el lote debe ser sometido de nuevo a un baño garrapaticida y aislado por un periodo de 10 a 14 días antes de ser sometidos a una segunda inspección. Un hato que falla dos inspecciones es catalogado como no apto para importación por parte de las autoridades estadounidenses (2, 12).

Los tejidos de las garrapatas se encuentran colonizados por comunidades de microorganismos conocidas en conjunto como microbiota. La

microbiota está conformada por microorganismos mutualistas, comensales y, en algunos casos, patógenos. Una microbiota sana mantiene un estado de homeostasis y provee nutrientes que el hospedante no puede sintetizar por sí mismo. Sin embargo, factores externos pueden alterar la composición de la microbiota y generar un estado de disbiosis. Una garrapata disbiótica puede ver negativamente afectado su metabolismo, sistema inmune y fecundidad. Previamente, se ha reportado que bacterias intracelulares como *Rickettsia, Wolbachia,* o *Coxiella* son endosimbiontes de *R. microplus* (16, 17,18).

Las garrapatas están estrechamente relacionada con endosimbiontes del género *Coxiella* (CE). Hasta la fecha se ha identificado CE en garrapatas de los géneros *Rhipicephalus*, *Amblyomma*, *Haemaphysalis*, *Ornithodoros*, *Argas* y *Carios*. Guizzo *et al.* investigó la interacción entre un endosimbionte tipo *Coxiella* (*CLE*, acrónimo en inglés) y *R. microplus.* La *Coxiella* endosimbionte de *Rhipicephalus microplus* (*CERM*) es esencial para la maduración de la garrapata a su etapa adulta. La secuenciación del genoma bacteriano reveló genes para vías biosintéticas para varias vitaminas y cofactores metabólicos clave que pueden proporcionar un complemento nutricional a la garrapatas (1, 14, 15).

Esta bacteria es transmitida vía transovárica a las nuevas generaciones y constituye el 98% de las secuencias de ARNr 16S tanto en huevos como en larvas. El CERM demostró ser esencial para que la garrapata alcanzara la etapa de la vida adulta, ya que bajo el tratamiento con antibióticos ninguna garrapata pudo progresar más allá de la etapa de metaninfa (1, 4, 6).

Control de garrapatas:

Por el impacto económico que las garrapatas causan en la industria ganadera es necesario desarrollar y llevar cabo estrategias para el control de la población de estos parásitos. Múltiples métodos se han desarrollado para poder llevar a cabo un control eficiente, como el uso de fármacos garrapaticidas, vacunas contra garrapatas, métodos de vigilancia y control integral.

Las vacunas son un método de control de garrapatas que ofrece una alta efectividad con costos relativamente bajos. La aplicación de vacunas reduce la necesidad del uso de fármacos en baños garrapaticidas constantes, lo cual reduce el costo del control de estos parásitos (2, 5, 4).

Los candidatos vacunales contra microbiota deben cumplir las siguientes características esenciales para poder ser usados de manera eficiente en estrategias de vacunación contra garrapatas:

1. Estar altamente conservados en las poblaciones bacterianas objetivo.
2. Conferir protección contra diferentes cepas que expresen homólogos del antígeno.
3. Los anticuerpos generados deben interferir con funciones vitales de la bacteria simbionte.
4. El bloqueo del antígeno debe afectar la relación simbiótica bacteria-garrapata.

Estas características son particularmente relevantes ya que la bacteria es esencial para la supervivencia de la garrapata, por lo que interferir con esta relación simbiótica podría impactar directamente en el desarrollo del ectoparásito.

Este proyecto se justifica por la necesidad urgente de desarrollar métodos alternativos y eficaces para el control de *R. microplus*, una garrapata que representa una amenaza significativa para la industria ganadera en regiones tropicales y subtropicales como lo es México. En México se estima que hay ~24,973,983 bovinos en riesgo. En términos monetarios se estima que las infestaciones de garrapatas causan por sí mismas una pérdida de producción en la industria de carne y lácteos equivalente a aproximadamente $573'608'076 USD al año. Además, hay pérdidas económicas en las industrias de la piel y el ganado de producción. Los métodos tradicionales de control, como los acaricidas, han perdido eficacia debido a la creciente resistencia desarrollada por las garrapatas, lo que subraya la importancia de explorar nuevas estrategias. Debido al fallo del control de estas garrapatas, la búsqueda de métodos para lograr un control eficiente de estos ectoparásitos se ha vuelto una posibilidad para su erradicación. (12, 13).

Objetivo General:

Identificar potenciales candidatos vacunales de proteínas de superficie contra CLE mediante el análisis bioinformático de péptidos inmunogénicos de proteínas de membrana anotadas en genomas reportados.

Objetivos específicos:

1-. Predecir péptidos potencialmente inmunogénicos de proteínas de membrana de CLE que vive en simbiosis con la garrapata Rhipicephalus microplus,

2-. Diseñar primers específicos para amplificar las secuencias codificantes de las proteínas de membrana seleccionadas.

Estos objetivos se enmarcan en la búsqueda de nuevas estrategias para el control de R. microplus, aprovechando la relación simbiótica esencial entre la garrapata y la bacteria *CLE*, dado que los métodos tradicionales de control están perdiendo eficacia debido a la creciente resistencia desarrollada por las garrapatas.

Materiales y métodos

Utilizando como referencia el genoma de CLE obtenida en el estudio de Garcia Guizzo *et al.* (2017), se realizó un nuevo análisis con diferentes herramientas bioinformáticas con el propósito predecir péptidos inmunogénicos de la superficie de membrana. Esta predicción se realizó para identificar candidatos prometedores para el desarrollo de posibles vacunas contra este taxa de la microbiota de la garrapata. Estos péptidos debían de contar con las características: hidrofobicidad, flexibilidad, accesibilidad, polaridad, antigenicidad y que este expuesta en la superficie de la bacteria (1).

Se ingresó a la base de datos de genomas del NCBI para buscar genomas anotados del *CLE*. Se ingresó al genoma anotado publicado por Schoch CL, *et al.* (TaxId: 1656186). Se usó la herramienta de búsqueda de genes para filtrar los genes codificantes a proteínas con funciones en la membrana externa bacteriana. Las funciones y localización celular de las proteínas encontradas fueron corroboradas usando la base de datos UniProt.

Para la predicción de péptidos inmunogénicos se analizaron los resultados de las siguientes plataformas de predicción de péptidos: ABCpred, es una herramienta que ayuda a predecir regiones *de epítopos de células B* lineales en una secuencia de antígenos, utilizando una red neuronal artificial; Bcepred, el cual predice epítopos lineales de células B, utilizando propiedades físico-químicas; BepiPred-2.0: predice posibles epítopos de células B a partir de la secuencia de proteínas; MHC-1 binding prediction: este sitio web proporciona predicciones de unión de péptidos a moléculas MHC de clase 1. Se usó el programa ICE-Bioseq (no publicado) que integra los resultados de estos programas junto con la secuencia del gen en forma de una hoja de cálculo (7, 8, 9, 10).

Las proteínas transmembranales α-helical (TM) constituyen la clase más importante y bien estudiada de proteínas de membrana. Un aspecto fundamental de la estructura de las proteínas integrales es su topología de membrana, es decir, el número de segmentos de TM, su posición en la secuencia de proteínas y su orientación en la membrana. Para saber la topología de nuestros péptidos, utilizamos el servidor TOPCONS, un servidor web ampliamente utilizado para la predicción de consenso de la topología de proteínas de membrana y péptido señal (11).

El algoritmo de TOPCONS agrupa las predicciones de topología de los cinco métodos más utilizados y validados experimentalmente (OCTOPUS, Philius, PolyPhobius, SCAMPI y SPOCTOPUS), se combinan en un perfil de topología, donde cada residuo está representado por cuatro valores, correspondientes a la fracción de métodos que predicen que ese residuo en particular pertenece a un péptido de señal (S), una región de membrana (M) o a la membrana interior y exterior (i y o, respectivamente) (11).

Una vez que se predijo la inmunogenicidad y topología transmembranal de los péptidos. Se realizó una búsqueda en BLAST para verificar que no existiera homología con proteínas de endosimbiontes conocidos de bovino como: *Fibrobacter, Ruminococcus, Methanobrevibacter, Entodimium, Acantamoeba, Neocallimastigomycetes*, ya que estas están presentes microbiota natural del bovino. Nos

apoyamos de la herramienta del NIH_BLAST para saber si hay alguna similitud con las secuencias vacunadles potenciales y alguna secuencia del genoma del bovino.

Se realizo todo lo anteriormente dicho con 11 genes de distintas proteínas. De todos nuestros candidatos solo 5 cumplieron con las características previamente listadas: Outer-membrane lipoprotein LolB, 18K peptidoglycan-associated outer membrane lipoprotein, Outer membrane protein assembly factor BamA, Outer membrane protein assembly factor YaeT y OmpA. Las secuencias codificantes de estas proteínas se usaron para diseñar primers específicos.

Nuestros primers fueron diseñados usando la herramienta Primer Blast, buscando cumplir las siguientes características: 15-21 nucleótidos, presencia de citosina (C) y guanina (G) entre 50%-60%, 50-60 grados de temperatura de alineamiento, no debe de haber más de 1 °C de diferencia entre la temperatura de alineamiento de ambos primers, no puede tener más 4 nucleótidos iguales seguidos, el ΔG de las horquillas, homodímeros y heterodímeros debe de ser mayor a -6 kcal/mol. Utilizando la herramienta OligoAnalyzer™ para comprobar los parámetros previamente listados y posteriormente se sintetizaron usando los servicios de T4 Oligo.

Resultados

Tras realizar los análisis bioinformáticos antes mencionados, se seleccionaron únicamente las siguientes cinco proteínas: Lipoproteína de membrana externa LolB, lipoproteína de membrana externa asociada a peptidoglicano 18K, factor de ensamblaje de proteínas de membrana externa BamA, factor de ensamblaje de proteínas de membrana externa YaeT y OmpA. Los resultados del análisis muestranlos primers obtenidos en la Tabla 1 en Anexo de este documento.

Estos primers representan herramientas moleculares específicas para la amplificación y posterior estudio de las secuencias génicas que codifican para péptidos potencialmente inmunogénicos en la membrana del endosimbionte *CLE*, sentando las bases para futuros estudios de expresión y caracterización de estas proteínas.

Discusión

Este estudio representa un avance para el control de *R. microplus* a través de la alteración de la relación simbiótica con *CLE*. La identificación y caracterización de péptidos inmunogénicos de proteínas de membrana del *CLE* ofrece nuevas perspectivas para el desarrollo de estrategias de control alternativas.

La predicción bioinformática aplicada en estos péptidos, junto con su diseño de primers específicos para su amplificación, sienta las bases para posibles futuros estudios experimentales. Estos recursos permitirán una investigación más profunda de la interacción garrapata-endosimbionte en un futuro.

Sin embargo, es importante señalar que se requieren estudios adicionales para validar la inmunogenicidad con pruebas *in vitro* como ensayo dude inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), para evaluar si los péptidos son reconocidos por anticuerpos de animales previamente expuestos a *R. Microplus*. O pruebas *in vivo* como la inmunización en modelos animales (por ejemplo, ratas, ratones o bovinos) para evaluar la capacidad de los péptidos para inducir una respuesta inmune.

Además, es importante considerar la posible variabilidad genética que existe entre diferentes poblaciones de garrapatas y sus endosimbiontes. Para estudiar la variabilidad genética entre poblaciones de garrapatas podríamos realizar un muestreo amplio de diferentes regiones de México y con ellas realizar una secuenciación del genoma completo o de regiones específicas del CLE de las diferentes poblaciones de garrapatas.

Conclusiones y recomendaciones.

Los resultados de este estudio se centran en la identificación y diseño de primers específicos para la amplificación de secuencias codificantes de proteínas de membrana del *CLE*.

Este estudio ha logrado identificar y predecir péptidos potencialmente inmunogénicos de proteínas de membrana de *CLE* en *R. microplus* utilizando herramientas bioinformáticas. Se han diseñado primers específicos para cinco proteínas candidatas (LolB, 18K lipoproteina, BamA, YaeT y OmpA) que cumplen con los criterios establecidos para su posible uso en un futuro para desarrollo de estrategias de control de garrapatas.

Recomendación:

Si bien el diseño *in silico* de los primers es un paso crucial, es recomendable realizar la validación experimental mediante PCR para comprobar la funcionalidad y especificidad de estos primers. Esta validación permitiría:

1. Confirmar la efectiva amplificación de las secuencias objetivo.
2. Verificar la especificidad de los primers
3. Optimizar las condiciones de PCR para cada par de primers.
4. Evaluar la eficiencia de amplificación y la calidad de los productos obtenidos.

Referencias

1. M. G. Guizzo, L. F. Parizi, R. D. Nunes, et al., (2017). A Coxiella mutualist symbiont is essential to the development of Rhipicephalus microplus. *Scientific Reports*, *7*. https://doi.org/10.1038/s41598-017-17309-x [consultado en 2024]
2. J. de la Fuente, A. Estrada-Peña ,et al.,(2008). Descripción general: las garrapatas como vectores de patógenos que causan enfermedades en humanos y animales. Front Biosc. https://www.imrpress.com/journal/FBL/13/18/10.2741/3200([consultado en 2024)
3. L. Grisi , CL. Massard, GE. Moya-Borja, JB. Pereira, (2002) Impacto econômico das principais ectoparasitoses em bovinos no Brasil. A Hora Veterinaria. 2002, 21: 8-10. https://www.scienceopen.com/document?vid=64b2ed5e-8178-4017-a178-3ac060feb7e3 [consultado en 2024].
4. M. Suárez Pedroso, L. Méndez Mellor, et al.,(2007). Control de las infestaciones de la garrapata Boophilus microplus en la ganadería Cubana y en regiones de latinoamérica con la aplicación del inmunógeno Gavac dentro de un programa de lucha integral. Documento Sexta Conferencia Electrónica Redectopar.
5. Manjunathachar, H. V., Saravanan, B. C., Kesavan, et al., (2014). Economic importance of ticks and their effective control strategies. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 4(S2), S770-S779. https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60725-8 [Consultado en 2014].
6. Spickler, A. R. (2007). Rhipicephalus (Boophilus) microplus factsheet. 1-3. https://entomologytoday.org/tag/rhipicephalus-microplus/ [Consultado en 2014].
7. Saha, S and Raghava G.P.S. (2006) Prediction of Continuous B-cell Epitopes in an Antigen Using Recurrent Neural Network. Proteins. 1; 65(1):40-8
8. Saha. S and Raghava G.P.S. BcePred:Prediction of Continuous B-Cell Epitopes in Antigenic Sequences Using Physico-chemical Properties. In G.Nicosia, V.Cutello, P.J. Bentley and J.Timis (Eds.) ICARIS 2004, LNCS 3239, 197-204, Springer, 2004.
9. Jespersen MC, Peters B, Nielsen M, Marcatili P. BepiPred-2.0: improving sequence-based B-cell epitope prediction using conformational epitopes. Nucleic Acids Res 2017 (Web Server issue). doi: 10.1093/nar/gkx352
10. Lundegaard C, Lamberth K, Harndahl M, Buus S, Lund O, and Nielsen M. 2008. NetMHC-3.0: Accurate web accessible predictions of Human, Mouse, and Monkey MHC class I affinities for peptides of length 8-11. *NAR* **36**:W509-512.PMID: 18463140 [Consultado en 2024].
11. Tsirigos, K. D., Peters, C.,et al., (2015). The TOPCONS web server for consensus prediction of membrane protein topology and signal peptides. *Nucleic Acids Research*, *43*(W1), W401-W407. https://doi.org/10.1093/nar/gkv485 [Consultado en 2024].
12. Ramón, J., Sáenz, G., & Hernández, R. (2012). Boophilus microplus : estado actual de la resistencia a los acaricidas en la frontera México Estados Unidos y su impacto en la relación comercial Boophilus microplus: current status of acaricide resistance on the Mexican American border and its impact on. 3(370), 1-8.
13. Rodríguez Vivas, R. I., Grisi, L., De León, A. A. P., Villela, H. S., De Jesús Torres-Acostaa, J. F., Sánchez, H. F., Salas, D. R., Cruz, R. R., Saldierna, F., & Carrasco, D. G. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 8(1), 61-74. https://doi.org/10.22319/rmcp.v81.4305 [consultado en 2024
14. Ramaiah, A., & Dasch, G. A. (2018). Genome sequence of Coxiella-like Endosymbiont strain CLE-RmD, a bacterial agent in the cattle tick (Rhipicephalus microplus) Deutsch strain. *Genome Announcements*, *6*(13). https://doi.org/10.1128/genomea.00003-18
15. Schabereiter-Gurtner, C., Lubitz, W., & Rölleke, S. (2003). Application of broad-range 16S rRNA PCR amplification and DGGE fingerprinting for detection of tick-infecting bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, *52*(2), 251–260. https://doi.org/10.1016/s0167-7012(02)00186-0
16. Narasimhan, S., Schuijt, T. J., Abraham, N. M., Rajeevan, N., Coumou, J., Graham, M., Robson, A., Wu, M.-J., Daffre, S., Hovius, J. W., & Fikrig, E. (2017). Modulation of the tick gut milieu by a secreted tick protein favors Borrelia burgdorferi colonization. *Nature Communications*, *8*(1), 1–17. https://doi.org/10.1038/s41467-017-00208-0

17. Lee J-H, Lee K-A, Lee W-J. Microbiota, gut physiology, and insect immunity. In: Insect immunity (2017). p. 111-38. doi: 10.1016/bs.aiip.2016.11.001pp.

18. Stewart, P. E., & Bloom, M. E. (2020). Sharing the Ride: Ixodes scapularis Symbionts and Their Interactions. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *10*. https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00142

Anexo

Gen objetivo	Primer	Longitud (nt)	Inicio - Paro	Temperatura :	Porcentaje GC:	ΔG Horquillas:	ΔG Homodímero:	ΔG Heterodímero:
LolB	LolB-F	20	218 - 237	63 ºC	45%	-0.43 kcal/mole	-5.36 kcal/mol	-4.67 kcal/mol
	LolB-R	18	575 - 556	63.1 ºC	57.1%	2.78 kcal.mole-1	-3.14 kcal/mol	-4.67 kcal/mol
18K	18K-F	19	14 - 32	61.5 ºC	57.9%	-1.42 kcal.mole-1	-5.13 kcal/mol	-6.31 kcal/mol
	18K-R	19	449 - 427	61.4 ºC	57.9%	-0.53 kcal.mole-1	-5.02 kcal/mol	-5.19 kcal/mol
BamA	BAMA-F	20	940 - 959	63.7 ºC	50%	-0.02 kcal.mole-1	-4.62 kcal/mol	-5.09 kcal/mol
	BAMA-R	20	1336 - 1317	64.4 ºC	50%	-2.53 kcal.mole-1	-4.74 kcal/mol	-5.89 kcal/mol
YaeT	YAET-F	20	1204 - 1185	63.4 ºC	50%	-3.07 kcal.mole-1	-5.53 kcal/mol	5.13 kcal/mol
	YAET-R	20	1204 - 1185	64.2 ºC	55%	-1.85 kcal.mole-1	-3.55 kcal/mol	5.13 kcal/mol
OMPA	OMPA-F	22	—	61.2 ºC	45.2 %	0.45 kcal.mole-1	4.85 kcal/mol	- 5.36 kcal/mol
	OMPA-R	22	—	61.2 ºC	45.2 %	0.14 kcal.mole-1	-5.36 kcal/mol	- 5.36 kcal/mol

Tabla 1. Muestra las secuencias de los primers diseñados para la amplificación de los genes seleccionados.

Estabilidad de cobre en un material de referencia de cobre

Karen Andrea Razo Pérez[1], Paola Itzel Gutiérrez Cabello[1], Adrián Sosa Domínguez[1,*], Francisco Javier Martínez Ríos[2], María del Rocío Arvizu Torres[2].
[1]Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Química, Centro Universitario, Cerro de las Campanas s/n, Santiago de Querétaro, Querétaro, México, C.P. 76010.
[2]Centro Nacional de Metrología (CENAM), Km. 4.5 Carretera de los Cués Mpio. Del Marqués, Querétaro, México, C.P. 76246. *adrian.sosa@uaq.mx

Resumen
Los materiales de referencia certificados (MRC) se emplean como patrones de medición de cantidad de sustancia. El MRC de cobre es empleado en el aseguramiento y control de calidad de métodos analíticos en fracción de masa en cobre, asegurando que las mediciones analíticas sean trazables metrológicamente al Sistema Internacional (SI) de Unidades. La estabilidad es una propiedad importante en los MRC, el estudio de estabilidad de cobre en el MRC siguió los lineamientos establecidos en la Norma ISO 17034:2016 y Guía ISO 35:2017, el estudio a corto plazo (método isócrono), permite estimar la estabilidad a largo plazo (método de predicción de la vida útil en caso de una tendencia lineal), influenciado por los efectos de almacenamiento de temperatura a 20°C, 35°C y 50°C y posteriormente se midió la fracción de masa de cobre empleando las técnicas analíticas de Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización con Flama (EAAF) y Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES); los resultados fueron evaluados estadísticamente empleando el análisis de varianza de regresión lineal (ANOVA), cuyos parámetros fueron estimados empleando la prueba t-Student y p. Se determinó que la fracción de masa de cobre es estable a las temperaturas de estudio de 20°C a 35°C. La incertidumbre estimada de estabilidad a las seis semanas de estudio fue para u[w(Cu) = 0.97 mg/g], correspondiente al 0.43 % y u[w(Fe) = 1.85 mg/g], correspondiente al 0.73 % con respecto al valor promedio.

Palabras clave: material de referencia certificado, concentrado de cobre, incertidumbre, estabilidad, ANOVA.

Abstract
Certified reference materials (CRMs) are used as standards for measuring the quantity of a substance. The copper CRM is used in the quality assurance and control of analytical methods in copper and iron mass fraction, ensuring that analytical measurements are metrologically traceable to the International System of Units (SI). Stability is an important property in CRMs, the stability study of copper and iron in the CRM followed the guidelines established in ISO 17034:2016 and ISO Guide 35: 2017, the short-term study (isochronous method), allows estimating the long-term stability (method of predicting shelf life in case of a linear trend), influenced by the effects of temperature storage at 20°C, 35°C and 50°C and subsequently the mass fraction of copper and iron was measured using the analytical techniques of Flame Atomization Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES); The results were statistically evaluated using linear regression analysis of variance (ANOVA), whose parameters were estimated using the t-Student and p test. The mass fraction of copper and iron was determined to be stable at the study temperatures from 20°C to 35°C. The estimated uncertainty of stability at six weeks of study was for u[w(Cu) = 0.97 mg/g], corresponding to 0.43 % and u[w(Fe) = 1.85 mg/g], corresponding to 0.73 % with respect to the average value.

Keywords: Certified reference material, copper concentrate, uncertainty, stability, ANOVA.

Introducción

Material de Referencia Certificado

Un material de referencia es una sustancia o material que se presenta en forma de gas, líquido o sólido en donde los valores de sus propiedades son homogéneos y definidos de tal forma que son utilizados para la evaluación, validación de un método de medición o calibración de un instrumento (Guía ISO 35, 2017).

Un material de referencia certificado establece una trazabilidad metrológica a un patrón establecido por el Buro Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y para la cual el valor es acompañado de una incertidumbre con la indicación de un nivel de confianza (La Rosa Yero, 2022). Generalmente los materiales de referencia certificados son preparados en lotes con los límites de incertidumbre dentro del parámetro indicado, por medio de mediciones en muestras que sean representativas para todo el lote en general (Diaz y col., 2010). Para asegurarse de que los resultados sean confiables el procedimiento de producción y los materiales de cada lote debe ser el mismo, así como deben revisarse frecuentemente los requisitos del material de referencia para así asegurar que el proceso de producción es el correcto (Guía ISO 35, 2017).

Material de referencia de concentrado de cobre

El material de referencia de concentrado de cobre se emplea para el aseguramiento y control de calidad, en el desarrollo y validación de métodos analíticos de fracción de masa de distintos materiales como el cobre, hierro, bismuto y arsénico en muestras de concentrado de cobre, lo que implica la selección cuidadosa de materiales de referencia certificados, la implementación de procedimientos analíticos, la participación en ensayos de aptitud técnica y el seguimiento de registros detallados para garantizar la trazabilidad metrológica de las mediciones analíticas (CENAM, 2024;Dosmukhamedov y col., 2020).

Cobre

El cobre (Cu) es un metal de transición, que en su estado natural se encuentra en estado sólido, es un metal resistente y de gran dureza, cuenta con la capacidad de resistir fuerzas de tracción y alteraciones físicas en general. Sin embargo, también presenta fragilidad al ser sometido a bajas temperaturas. A medida que el cobre envejece lentamente en el aire húmedo se cubre con una capa básica de carbonato que es anticorrosiva, por lo tanto, su oxidación incrementa en ambientes ácidos (Duque y col., 2020). El cobre es el único metal con color natural y puede reciclarse sin perder sus propiedades, lo que lo hace sostenible con el medio ambiente. En la actualidad se utilizan más de 400 aleaciones de cobre, una de las cuales es el latón que es una aleación de cobre y zinc, mientras que el bronce es una aleación de cobre, estaño, aluminio, silicio y berilio (Schlesinger, 2021).

Importancia del Cobre

El cobre fue uno de los primeros metales usados por el hombre para la fabricación de herramientas. Se le conoce como la Edad de cobre al periodo de la prehistoria que se destacó por el desarrollo de este material. Se empezó a usar para fabricar todo tipo de herramientas, armas, utensilios domésticos, objetos decorativos entre otros. En la actualidad, el cobre es uno de los materiales más usados a nivel mundial por sus diversas propiedades como su alta conductividad térmica y eléctrica que lo hacen muy utilizable en diversas industrias. El cobre es ideal para el desarrollo de equipos eléctricos y electrónicos, maquinaria, medios de transporte, agricultura, joyería, telecomunicaciones, monedas, entre otros (Muñoz, 2013).

Estabilidad

La estabilidad se entiende como el período en el que un producto permanece sin cambios en sus condiciones recomendadas, manteniendo su integridad y calidad original. Al fabricar un nuevo producto, las empresas deben llevar a cabo estudios de estabilidad para determinar su vida útil y las condiciones adecuadas de almacenamiento. Durante el primer año, se seleccionan tres lotes iniciales para el estudio, y en los años siguientes, se elige un lote por año para monitorear su calidad continua y asegurar que permanezca dentro de las especificaciones mientras esté en el mercado. Se debe evaluar la estabilidad de todos los MRC. La evaluación de la

estabilidad puede incluir estudios experimentales para estimar el nivel de incertidumbre que queda en el candidato a MRC después del procesamiento, para confirmar la estabilidad del material. Los cambios significativos en el valor de la propiedad debido a la incertidumbre a largo plazo o a los efectos del tráfico deben considerarse en las reclamaciones sobre el valor de la propiedad, y deben incluirse las incertidumbres en la estimación de estos cambios (Herrera, 2020).

Si el material de referencia se produce en lotes repetidos, cuya estabilidad no se controla por separado, el productor de MRC también debe evaluar el riesgo de cambios en la estabilidad por lote y verificar experimentalmente la estabilidad de lotes suficientemente diferentes para ganar confianza. en la estabilidad de todos los conjuntos (Guía ISO 35, 2017).

Tipos de estabilidad

Dos tipos de estabilidad son particularmente relevantes en la producción de materiales de referencia: la estabilidad a corto plazo y la estabilidad a largo plazo.

Estabilidad a corto plazo

Es la estabilidad durante el transporte y se relaciona con los efectos adicionales que pueden ocurrir debido al traslado de las muestras. En situaciones donde no es posible mantener las condiciones ideales para la estabilidad del material de referencia durante el transporte, se debe considerar una mayor incertidumbre en los valores certificados. Antes de distribuir el material a los usuarios, el productor debe evaluar la estabilidad de cada propiedad relevante bajo las condiciones de transporte que se consideran razonablemente previstas (Guía ISO 35, 2017).

Estabilidad a largo plazo

Es la estabilidad del material durante el periodo de validez bajo condiciones de almacenamiento específicas, lo cual está asociado a lo prescrito por el usuario y debe ser evaluada antes de distribuir el material de referencia (Guía ISO 35, 2017).

Importancia del estudio de estabilidad

El propósito de los estudios de estabilidad es registrar los cambios en las características fisicoquímicas y microbiológicas de un producto cuando se expone a diversas condiciones ambientales, como temperatura, humedad o luz.

Consiste en pruebas y ensayos que se realizan en condiciones predefinidas, los cuales permiten determinar el tiempo de vida útil.

Estos ensayos permiten determinar con precisión las condiciones óptimas de almacenamiento del producto, el tipo de envase o embalaje más adecuado, y establecer su período de caducidad. El productor debe garantizar la calidad, eficacia e inocuidad del producto durante toda su vida útil para asegurar que el consumidor reciba un producto seguro y efectivo (Alonso,2015).

Las pruebas de estabilidad son cruciales porque los MRC pueden degradarse debido a factores como temperatura, luz, oxígeno, humedad y actividad microbiológica y por lo tanto perder la trazabilidad metrológica. Por ello, es necesario realizar un estudio de estabilidad a corto plazo para evaluar el comportamiento del material durante el transporte, así como un estudio de estabilidad a largo plazo para analizar su comportamiento en condiciones de almacenamiento controladas. Además, se requiere una monitorización continua de la estabilidad durante la vida útil del material de referencia. Todos los estudios deben llevarse a cabo utilizando métodos que sean altamente repetibles y reproducibles (Lamberty y col., 1998).

Incertidumbre en mediciones analíticas

Las mediciones no proporcionan valores exactos, ya que toda medición está sujeta a errores y es necesario saber qué tan grande es ese margen, la incertidumbre y el error están asociados, ya que la incertidumbre debe considerar todas las posibles fuentes de error del proceso de medida. El resultado de una medición depende de distintos factores como las condiciones ambientales (presión, humedad, temperatura etc.), el método de medición aplicado del técnico y de la referencia (Cárdenas y col., 2018).

Para seguir utilizando un método de medición debe hacerse una validación de este, donde la

incertidumbre de medición es una de las características de desempeño del proceso de medición cuya estimación asegura la calidad en los resultados de las mediciones analíticas, siendo un parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando. Es importante entender que un valor sin incertidumbre no es un resultado valido para evaluar ya que no es un resultado completo (Cárdenas y col., 2018).
La falta de información sobre la incertidumbre del resultado de la medición puede estar relacionada con malas interpretaciones. Una vez que se estima de manera confiable la incertidumbre de la medición, los límites de tolerancia se pueden definir con mayor precisión y así crear un proceso más eficiente, incluso podrían aplicarse diferentes metodologías para su estimación (Cárdenas y col., 2018)

Modelo de regresión lineal

La regresión lineal es un procedimiento matemático y estadístico usado para comprender el comportamiento de una variable (y) en relación con otra conocida (x) a través del análisis de datos, pueden usarse para simular una amplia gama de relaciones. El objetivo de la regresión lineal es determinar cómo se relacionan una variable independiente y su variable dependiente. Una línea recta representa esta relación. La relación entre las variables independientes y la variable dependiente se muestra a través de los coeficientes de la ecuación de regresión usando pruebas de hipótesis para evaluar los coeficientes para determinar si el modelo es significativo (Morantes y col., 2019). Para manejar conjuntos de datos complejos, algunos tipos de análisis de regresión son mejor, hay dos tipos: regresión lineal simple y múltiple.

Estudio isócrono de estabilidad

Los diseños isócronos emplean el almacenamiento en condiciones de referencia para permitir que las unidades de MRC expuestas a diferentes condiciones de degradación se midan en un breve período de tiempo, idealmente bajo condiciones de repetibilidad; las condiciones de referencia son aquellas bajo las cuales se puede esperar que las propiedades de interés permanezcan estables o que se haya seleccionado como nivel de referencia (Guía ISO 35, 2017). El término "isócrono" destaca que las mediciones se realizan simultáneamente, en lugar de repartirse a lo largo del tiempo del estudio de estabilidad, como en el enfoque clásico. Este uso de condiciones de repetibilidad se espera que mejore la precisión de las mediciones durante el estudio, incrementando el poder de este. En teoría, el estudio de estabilidad isócrona resulta en una menor incertidumbre comparado con el estudio clásico, dependiendo de la diferencia entre la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones. El estudio isócrono en algunas ocasiones nos permite estimar la estabilidad a largo plazo. Un requisito esencial para este diseño es definir condiciones en las que no ocurra degradación, o que esta ocurra a un ritmo distinto de las condiciones seleccionadas para el almacenamiento (Guía ISO 35, 2017).

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar la estabilidad de cobre en el material de referencia de concentrado de cobre, y siendo los objetivos específicos el evaluar la estabilidad de cobre en el material de referencia de concentrado de cobre, mediante un estudio a largo plazo (método clásico) empleando el método de estudio a corto plazo (método isócrono) influenciado por los efectos de almacenamiento a diferentes temperaturas. Además, estimar la incertidumbre debida a la estabilidad para cobre en el material de referencia de concentrado de cobre con base al análisis de regresión lineal y al análisis de predicción por el modelo de regresión lineal.

Metodología

Digestión de muestras

Al finalizar el estudio de someter las muestras a las diferentes temperaturas, se llevó a cabo la digestión ácida de todas las muestras empleando la digestión de reacción acelerada asistida por microondas, se colocó una masa de aproximadamente 0.1 g de muestra sobre vasos de alta presión y se adicionaron los siguientes ácidos: 8 mL de ácido nítrico, 3 mL de ácido clorhídrico, 1 mL de agua oxigenada y 1 mL de ácido fluorhídrico. Posteriormente las muestras fueron sometidas a digestión bajo las condiciones instrumentales establecidas.

Preparación de muestras para la medición

Al término de la digestión ácida las muestras se llevaron a evaporación de ácidos, se colocaron las muestras en vasos de precipitado de polipropileno de 125 mL, se adicionó 1 mL de ácido bórico al 4.5 % para neutralizar excesos de ácido fluorhídrico y se sometió a calentamiento sobre placas de calentamiento a una temperatura de 80°C hasta llegar a un volumen aproximado de 5 mL. Finalmente, las muestras se aforaron a 50 g con ácido nítrico al 2 % en fracción de volumen y se prepararon dos diluciones: la primera dilución tomando 5 g de alícuota y aforando a 25 g con disolución de ácido nítrico al 2 % en fracción de volumen, la segunda dilución tomando 5.7 g de alícuota y aforando a 120 g con disolución de ácido nítrico al 2 %.

Medición por Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización con Flama (EAAF) y Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES).

La medición de la fracción de masa de cobre w(Cu) se realizó empleando el método de calibración externa mediante las técnicas analíticas de Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización con Flama (EAAF) y Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES). Se realizó una curva de calibración contemplando seis disoluciones a diferentes fracciones de masa de cobre w(Cu) partiendo del MRC de concentrado de cobre, se midió la curva de calibración y posteriormente las muestras de manera aleatoria con base a una secuencia de medición, incluyendo la medición del punto intermedio de la curva de calibración en mediciones sucesivas por bloques de muestras con base a la secuencia de medición con la intención de aplicar el factor de corrección de deriva (f_d) instrumental.

Evaluación de la estabilidad por el modelo matemático de regresión lineal

La evaluación de la estabilidad de la fracción de masa de cobre w(Cu) se realizó aplicando el análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal, y aplicándose dos criterios.

Criterio a)

Se realizó la prueba estadística t-Student para una pendiente significativamente diferente de cero proveniente del análisis ANOVA de la regresión lineal. Esto se llevó a cabo calculando el estadístico tb_1 y comparándolo con el valor tcrítico de dos colas de t-Student para $n - 2$ grados de libertad con un nivel de confianza del 95 %.

Criterio de aceptación

$$\text{Si } tb_1 < t_{crítico}$$

Entonces la pendiente es $\cong 0$ con un nivel de confianza del 95 %, lo cual determina que la fracción de masa del elemento (B) de interés es estable al tiempo de estudio.

Evaluación de la estabilidad por el modelo matemático de predicción de regresión lineal

Criterio b)

La prueba estadística del valor p se utilizó para garantizar que fracción de masa del elemento (B) de interés en el MRC es estable. En una prueba de significancia, la hipótesis nula Ho se rechaza si el valor p es menor o igual a un valor umbral predefinido α, que se denomina alfa o nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Criterio de aceptación

$$\text{Si } p > 0.05$$

Se sugiere que no hay diferencias significativas en los valores de la fracción de masa del elemento (B) de interés del MRC, por lo que el valor del mensurando a certificar es estable en el tiempo de estudio.

Selección aleatoria de muestra

Se seleccionó una unidad a partir de un muestreo aleatorio de 256 unidades del material de referencia certificado de concentrado de cobre.

Proceso de pesado de muestras

Utilizando una balanza electrónica marca Sartorius modelo MSA225S se pesaron 54 pesafiltros vacíos (con la tapa inclinada), seguidamente se pesaron 0.5 g

de la unidad seleccionada anteriormente y se registró el peso del pesafiltro final, para realizar esto fue necesario tener las condiciones de temperatura, presión y humedad dentro de los límites permitidos por Centro Nacional de Metrología (CENAM).

Estudio isócrono

Posteriormente se colocaron 18 pesafiltros a diferentes condiciones de temperatura de estudio 20°C, 35°C y 50°C, para la temperatura de 20°C se empleó un desecador y para las temperaturas de 35°C y 50°C se utilizaron hornos de calentamiento verificados a la temperatura deseada, empleando como agente desecante perclorato de magnesio. Al transcurso de una semana se sacaron tres pesafiltros de cada temperatura y se colocaron dentro de un desecador, posteriormente se realizó esta actividad hasta retirar los últimos pesafiltros completando 6 semanas de análisis.

Resultados

Estudio de estabilidad de la fracción de masa de w(Cu)

Curva de calibración

Se preparó una curva de calibración que incluyó seis puntos de fracción de masa del cobre a partir de una disolución calibradora de cobre DMR-550a. En la Tabla 1 se muestran los datos de la curva de calibración empleada en el cálculo de fracción de masa de Cu en las muestras del material de referencia de concentrado de cobre w(Cu,x), la cual se midió a una longitud de onda de 324.8 nm por la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización con Flama (EAAF). En la Figura 1 se puede observar la curva de calibración utilizada para el cálculo de la fracción de masa de Cu.

Tabla 1. Curva de calibración *w*(Cu) EAAF.

ID	*A*(Cu)
MR-2	0.1083
MR-3	0.1595
MR-4	0.2120
MR-5	0.2612
MR-6	0.3121
MR-7	0.3612

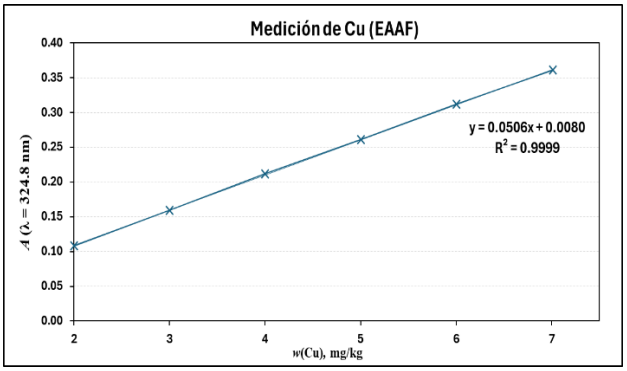


Figura 1. Curva de calibración *w*(Cu) de la secuencia de medición por EAAF.

En la Tabla 2 se muestra la curva de calibración empleada en el cálculo de fracción de masa de Cu en las muestras del concentrado de cobre w(Cu, x), la cual fue medida a una longitud de onda de 324.752 nm por la técnica de ICP-AES. Se obtuvo una curva de calibración para cada medición la cual se puede observar en la Figura 2.

Tabla 2. Curva de calibración *w*(Cu) ICP-AES.

ID	*I*(Cu)
MR-2	15651
MR-3	23393
MR-4	31491
MR-5	38746
MR-6	46618
MR-7	54606

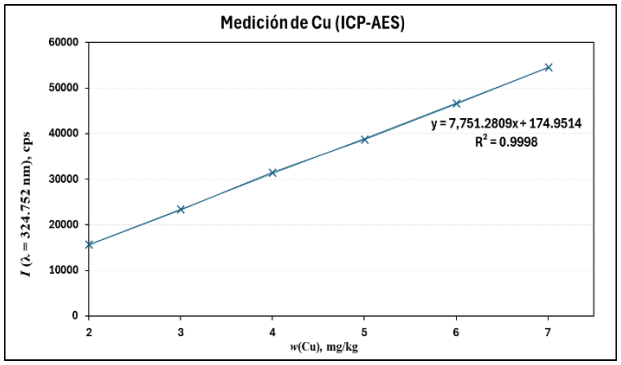


Figura 2. Curva de calibración *w*(Cu) de la secuencia de medición por ICP-AES.

Estimación de la fracción de masa de cobre en el material de referencia de concentrado de cobre

En la Figura 3 se muestra el gráfico de la medición de la fracción de masa de cobre w(Cu, x) obtenida para cada una de las 18 muestras medidas a 20°C por la técnica de EAAF a 324.8 nm. Las mediciones de la fracción de masa de cobre w(Cu, x) se realizaron no aplicando el factor de deriva instrumental y aplicando el criterio de los datos obtenidos con mayor precisión de acuerdo a lo mencionado en la sección B.3.4 de la Guía ISO 35:2017. En la Figura 3 es posible identificar el valor del coeficiente de determinación, así como la pendiente de la ecuación obtenida de la regresión lineal.

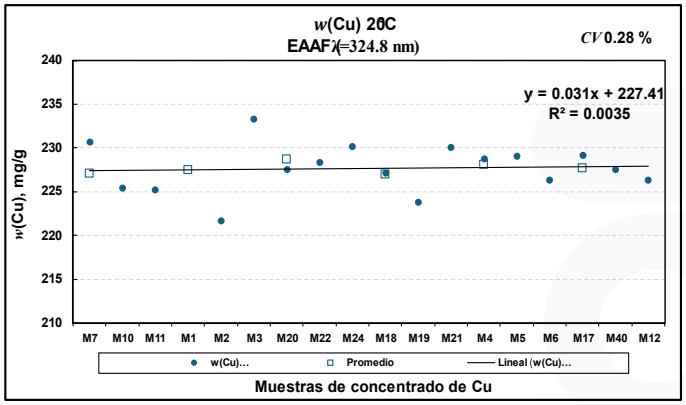


Figura 3. Fracción de masa de cobre *w*(Cu) para las muestras de concentrado de cobre a 20°C a las 6 semanas de estudio.

En la Figura 4 se muestra el gráfico de la medición de la fracción de masa de cobre w(Cu, x) obtenida para cada una de las 18 muestras medida a 35°C por la técnica de ICP-AES a 324.752 nm. Las mediciones de la fracción de masa de cobre w(Cu, x) se realizaron no aplicando el factor de deriva instrumental y aplicando el criterio de los datos obtenidos con mayor precisión de acuerdo a lo mencionado en la sección B.3.4 de la Guía ISO 35:2017. En la Figura 4 es posible identificar el valor del coeficiente de determinación, así como la pendiente de la ecuación obtenida de la regresión lineal.

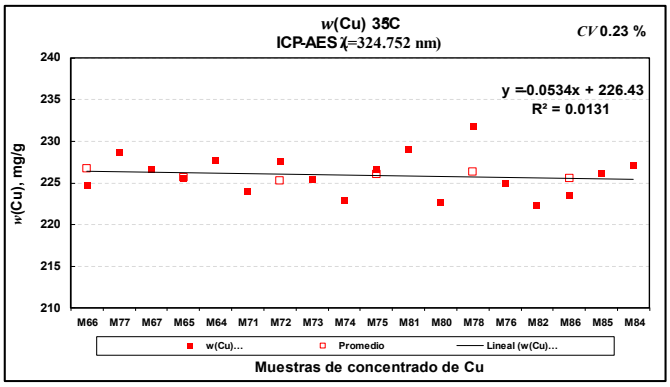


Figura 4. Fracción de masa de cobre *w*(Cu) para las muestras de concentrado de cobre a 35°C a las 6 semanas de estudio.

En la Tabla 3 se puede observar que existe una menor tendencia en la fracción de masa de w(Cu, x) usando la técnica de espectrometría de Absorción Atómica con Atomización con Flama (EAAF) en las muestras sometidas a 20°C y 35°C, estas mediciones fueron de 0.28 % y 0.23 % de coeficiente de variación y de 0.0310 y -0.0496 de pendiente, respectivamente. Se seleccionaron los resultados con la menor variabilidad en las mediciones, así como, el juicio científico de consistencia de resultados.

Tabla 3. Coeficiente de variación y pendiente de cada una de las mediciones de Cu realizadas a diferentes temperaturas.

Técnica analítica/λ	f_d	**Temperatura (°C)**	***CV* (%)**	b_1
EAAF, 324.8 nm	Sin factor	**20**	**0.28**	**0.0310**
		35	**0.23**	**-0.0496**
		50	1.41	0.1359
	Con factor	20	0.60	0.1826
		35	0.25	-0.0398
		50	1.26	0.2279
ICP-AES 324.752 nm	Sin factor	20	0.37	-0.0023
		35	0.23	-0.0534
		50	0.96	0.0058
	Con factor	20	0.41	-0.0025
		35	0.23	-0.0248
		50	0.84	0.0249

Evaluación de la estabilidad de la fracción de masa de cobre en el material de referencia de concentrado de cobre

En la Tabla 4 se muestra la fracción de masa de cobre w(Cu,x) en el concentrado de cobre medida por

triplicado a una longitud de onda de 324.8 nm por la técnica de EAAF a lo largo del estudio isócrono de seis semanas y en la Figura 5 se muestra la tendencia de la fracción de masa de cobre w(Cu,x) en el concentrado de cobre a 20°C.

Tabla 4. Fracción de masa de cobre w(Cu,x)

Semanas	*w*(Cu) mg/g
1	227
2	228
3	229
4	227
5	228
6	228

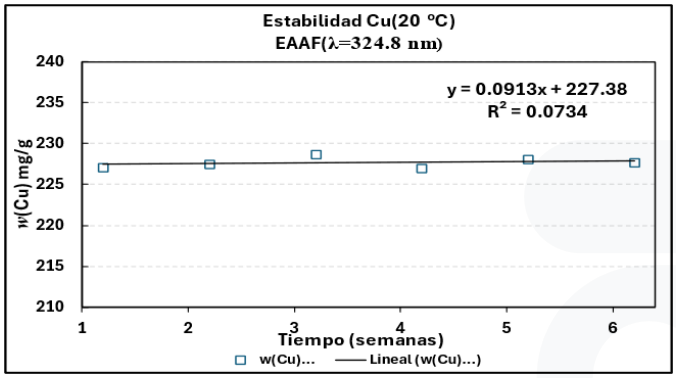


Figura 5. Estabilidad de w(Cu,x) en las muestras de concentrado de cobre a 20°C.

La Tabla 5 muestra un ejemplo de cómo se llevó a cabo la obtención de los parámetros estadísticos mediante el método de análisis de varianza de regresión lineal para cada conjunto de datos de la medición de la fracción de masa del cobre por la técnica de EAAF, mediante el análisis de la prueba estadística de t-Student se obtuvo el valor de 0.6 y 2.45 para su valor crítico, los valores anteriores son comparados con el fin de evaluar la estabilidad o no de la fracción de masa de cobre medida.

También se puede observar en la Tabla 5 un ejemplo de la realización de la prueba estadística del valor de p el cual nos permitió evaluar que no existen diferencias significativas en los valores de la fracción de masa de cobre medidas al comparar el valor de probabilidad de 0.603 contra el valor de alfa de 0.05.

En la Tabla 6 es posible observar los valores obtenidos de la pendiente del módulo de regresión lineal y la desviación estándar de la pendiente del modelo de regresión lineal con los cuales se obtuvo tb_1 que fue de 0.6. También en la Tabla 6 es posible observar la comparación del valor de probabilidad obtenido del análisis de varianza que fue de 0.603. A partir de la prueba t-Student se determinó que la pendiente es menor que 0 con un nivel de confianza del 95 %, por lo que se puede inferir que la fracción de masa del elemento (Cu) es estable al tiempo del estudio realizado. A partir de la prueba estadística del valor de p se determinó que p es mayor que el valor umbral predefinido α, por lo tanto, no hay diferencias significativas en los valores de la fracción de masa del elemento (Cu), por lo que el valor del mensurando a certificar es estable en el tiempo de estudio realizado.

Tabla 5. Método de análisis de varianza de regresión lineal.

Estadísticas de la Regresión			
Coeficiente de correlación múltiple			0.27098
Coeficiente de determinación R^2			0.07343
R^2 ajustado			-0.15820
Error típico			0.67805
Observaciones			6
Análisis de Varianza			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	
Regresión	1	0.14574	
Residuos	4	1.83901	
Total	5	1.98475	
Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
0.14574	0.31700	0.60347	
0.45975			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico *t*
Intercepción	227.382	0.631	360.220
Variable X1	0.091	0.162	0.563
Probabilidad *p*	Inferior 95 %	Superior 95 %	
3.563E-10	225.621	229.134	
0.603	-0.358	0.541	

En la Tabla 7 se muestra el valor de incertidumbre asociado a la estabilidad de los valores de la fracción de masa del elemento (Cu).

Tabla 6. Prueba estadística *t*-Student y del valor de *p*.

t-Student		Probabilidad *p*	
s_{b_1}	0.162	*P*	0.603
$t_{0.95\,n-2}$	2.45	A	0.05
$\lvert b_1 \rvert$	0.091		
$t_{b_1} = \frac{\lvert b_1 \rvert}{s_{b_1}}$	0.6		

Tabla 7. Vida útil en relación con la estabilidad a largo plazo.

s_{b_1}	0.162
t = tiempo en semanas	6
$u_{Est} = 1s_{b_1} \cdot \boldsymbol{t}$	0.972 mg/g

En la Tabla 8 se muestra la fracción de masa de cobre w(Cu,x) en el concentrado de cobre medido por triplicado a una longitud de onda de 324.752 nm por la técnica de ICP-AES a lo largo del estudio isócrono de seis semanas y en la Figura 6 se muestra la tendencia de la fracción de masa de cobre w(Cu,x) en el concentrado de cobre a 35°C.

Tabla 8. Fracción de masa de cobre w(Cu,x)

Semanas	*w*(Cu) mg/g
1	225
2	226
3	227
4	226
5	227
6	225

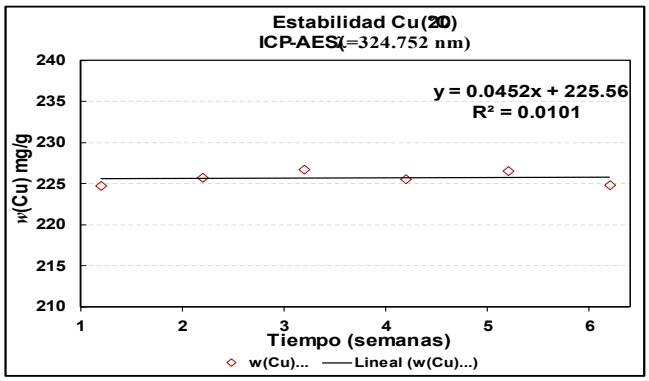


Figura 6. Estabilidad de w(Cu,x) en las muestras de concentrado de cobre a 20°C.

En estos resultados se observa que la mejor precisión y la menor tendencia se obtiene en las mediciones empleando la técnica EAAF, por lo tanto, se observa la mayor estabilidad en las muestras sometidas a 20°C y 35°C, en cambio a 50°C ya no existe una adecuada estabilidad para el cobre en el concentrado de cobre.

Discusión y Conclusiones

Mediante el estudio isócrono se logró predecir la estabilidad de la fracción de masa de cobre a corto plazo, influenciado por los efectos de almacenamiento de temperatura 20°C, 35°C y 50°C.

El estudio de estabilidad de las muestras de concentrado de cobre determinó que la fracción de masa de cobre w(Cu,x) es estable a las temperaturas de estudio de 20°C a 35°C, para 50°C no se obtuvieron resultados satisfactorios de estabilidad. Por lo anterior, es recomendable transportar el MRC de concentrado de cobre a no más de 30°C.

El estudio de estabilidad isócrono, de corto plazo empleando el método de análisis de varianza de regresión lineal fue satisfactorio para estimar la estabilidad a largo plazo de la w(Cu). La incertidumbre estimada de estabilidad a las seis semanas de estudio fue para u[w(Cu) = 0.97 mg/g], correspondiente al 0.43 %.

El estudio de estabilidad isócrono, de corto plazo no se adecuó al método de predicción de la vida útil en caso de una tendencia lineal, por lo que este método no fue empleado en la evaluación de la estabilidad a largo plazo del MRC de concentrado de cobre.

Como perspectiva de proyecto se recomienda aplicar el método de estabilidad clásico a largo plazo, que consiste en realizar mediciones periódicas, por ejemplo, cada 6 meses durante un periodo de 3 o 5 años, lo anterior para estimar la estabilidad a mayor tiempo, considerando que el cobre son elementos muy estables en la naturaleza.

La técnica de Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización con Flama (EAAF) demostró ser la opción más adecuada para realizar los estudios de estabilidad de la fracción de masa de cobre w(Cu,x) ya que brindó mayor precisión.

El valor de la estimación de la incertidumbre asociada a la estabilidad se logró estimar empleando el análisis de varianza de regresión lineal (ANOVA) cuyos

parámetros fueron estimados empleando la prueba t-Student y p (probabilidad) lo que indica que son adecuados para ser empleados en la contribución de la incertidumbre de la estabilidad de este MRC, la implementación de cualquiera de los parámetros dependerá del objeto de estudio.

El estudio de estabilidad realizado al MRC de concentrado de cobre permitió la certificación de este material que ha sido identificado como CRM-6200675b, cuyo origen es del Centro Nacional de Metrología (CENAM).

Referencias Bibliográficas

Guía ISO 35. (2017). Reference materials, Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability, 23.

La Rosa Yero, N. (2022). Trazabilidad metrológica de los densímetros oscilatorios en Cuba. Universidad de la Habana, 85.

Diaz, J. Becerra, L. Centeno, L. Castillo, F. y Bravo, U. (2010). Desarrollo de materiales de referencia certificados en densidad. Centro Nacional de Metrología, 8.

Centro Nacional de Metrología. (2024). Gobierno de México.

Dosmukhamedov, N. Fedorov, A. Zholdasbay, E y Argyn, A. (2020). Investigation of Cu, Pb, Zn, As, Sb distribution during the lead semiproducts and copper-zinc concentrate comelting. Non-Ferrous Metals, 7.

Duque, J. Llano, L. Villazón, H. (2020). Estructura cristalina del cobre, propiedades microscópicas y de procesamiento. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 9.

Schlesinger, M. Sole, K. Davenport, W. y Alvear, G. (2021). Extractive Metallurgy of copper. Elsevier, 11.

Muñoz, M. (2013). The copper market worldwide: trends, risks, characteristics and potential future growth.Revista chilena de ingeniería, 15.

Herrera, J. (2020). Validation and estimation of uncertainty of an analytical method to quantify total iron by the colorimetric method of phenantrolin in potable and natural water. Farem-Estelí, 165.

Alonso, P. B (2015). Estudio de estabilidad de plaguicidas en vegetales y frutas. Laboratorio de Residuos Agroquímicos Costa Rica. Pensamiento Actual, 15(25), 197-205.

Lamberty, A., Schimmel, H., & Pauwels, J. (1998). The study of the stability of reference materials by isochronous measurements. Fresenius Journal of Analytical Chemistry, 360: 359-361.

Cárdenas Monsalve, J. J., Ramírez Barrera, A. F., & Delgado Trejos, E. (2018). Evaluación y aplicación de la incertidumbre de medición en la determinación de las emisiones de fuentes fijas: una revisión. Tecnológicas, 21(42), 231-244.

Morantes Q, Giobertti R, Rincón P, Pérez S, Narciso A. (2019). Modelo de regresión lineal múltiple para estimar concentración de PM1. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(1), 179-194.

Nanopartículas como estrategia para el control de *Fusarium oxysporum*

Autoría:

Adrian Salcedo Gómez[1*], Karen Esquivel Escalante[2], Fidel Landeros Jaime[1], José Antonio Cervantes Chavez[1**]

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

[2]División de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro.

[*]asalcedo22@alumnos.uaq.mx

[**]jose.antonio.cervantes@uaq.mx

Resumen

Solanum lycopersicum L. es uno de los cultivos más importantes para la industria agrícola a nivel mundial siendo México uno de los principales productores de jitomate en el planeta. La producción global de este fruto se ve afectada por la incidencia de numerosos fitopatógenos entre los que destaca el hongo *Fusarium oxysporum* que causa la marchitez vascular. El control de esta enfermedad se puede llevar a cabo por varios métodos como fungicidas químicos y la solarización de los suelos. Sin embargo, estos métodos han resultado ineficientes en el control de la enfermedad por lo que se han comenzado a buscar alternativas entre las que destaca la utilización de nanopartículas metálicas que actúan como fungicidas y elicitores de las defensas de la planta. En este trabajo usamos el extracto libre de células de cuatro consorcios bacterianos para biosintetizar nanopartículas de plata (AgNPs) de las cuales se analizó su capacidad para inhibir el crecimiento del hongo *in vitro*. Encontramos que las nanopartículas de dos de los cuatro consorcios son capaces de inhibir el crecimiento de *F. oxysporum* lo que las convierte en posibles alternativas viables para el control del patógeno

Palabras claves

Fusarium, nanopartículas, marchitez vascular, biosíntesis

Abstract

Solanum lycopersicum L. is one of the most important crops for the agricultural industry worldwide, with Mexico being one of the leading producers of tomatoes on the planet. The global production of this fruit is affected by the incidence of numerous phytopathogens, among which the fungus *Fusarium oxysporum*, responsible for vascular wilt, stands out. The control of this disease can be conducted through various methods, such as the use of metallic nanoparticles that function as fungicides and elicitors of plant defenses. In this study, we used cell-free extracts from four bacterial consortia to biosynthesize silver nanoparticles (AgNPs), of which we analized their ability to inhibit fungal growth *in vitro*. We found that the nanoparticles from two of the four consortia could inhibit the growth of *F. oxysporum*, making them possible viable alternatives for controlling the pathogen.

Keywords

Fusarium, nanoparticles, vascular wilt, biosynthesis

Introducción

México representa uno de los principales productores de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) a nivel mundial, con una producción total durante el ciclo Otoño-Invierno de 2023 de aproximadamente 137300 toneladas (SIAP, 2023) Entre los patógenos más importantes que afectan a la planta en el país se destaca *Fusarium oxysporum*, agente causal de la marchitez vascular, enfermedad que afecta cultivos de jitomate en 32 países y es responsable de la pérdida de hasta un 60% de la producción total (Salas Gómez et al., 2022). El hongo penetra en la planta a través de las raíces e interfiere con el transporte de agua por el xilema, a medida que la infección se extiende al tallo

y las hojas el estrés hídrico severo lleva a la aparición de síntomas como la marchitez y clorosis del follaje. Estos síntomas aparecen en el intervalo que va desde la floración a la formación del fruto y se manifiestan al principio en las hojas más bajas , pero más tarde se extienden a las hojas más jóvenes a medida que la enfermedad progresa causando la muerte (Hassan, 2020). Se han implementado diversas estrategias para el manejo de la enfermedad, las cuales involucran la rotación de cultivos, la aplicación de fungicidas y la solarización de los suelos los cuales representan el reservorio y vía de infección más común del hongo. Sin embargo, el uso de estos métodos no ha conseguido un control completo de la enfermedad, por lo que existe interés por la búsqueda de nuevas estrategias como la inoculación de microorganismos con actividad antagónica frente al patógeno, la obtención de variantes más resistentes de la planta y la inducción de los mecanismos de resistencia de la misma (Dubey et al., 2020). Entre las alternativas para el tratamiento de la enfermedad destaca el uso de las nanopartículas de materiales metálicos obtenidas mediante biosíntesis, las cuales han demostrado su efectividad como inhibidoras del crecimiento de fitopatógenos (Al-Otibi *et al.*, 2021; Alvarez-Carvajal *et al.*, 2020) y como promotoras del crecimiento de varias plantas (Spinoso-Castillo *et al.*, 2017; Van Nguyen *et al.*, 2022)

Sin embargo, la mayoría de los métodos de síntesis de las nanopartículas conllevan el uso de materiales y metodologías peligrosos para el ambiente y los que la manejan, por lo que la biosíntesis emerge como una perspectiva más atractiva debido a su bajo coste, su menor impacto medioambiental y su relativa seguridad (Noah, 2019)

Objetivo general:

Evaluar la actividad antifúngica *in vitro* contra *Fusarium oxysporum* de AgNPs biosintetizadas utilizando el extracto libre de células (ELC) producido a partir de consorcios bacterianos.

Objetivos específicos:

1. Identificar las cepas 1316 y 1317 mediante secuenciación de la subunidad 16s del rRNA.
2. Evaluar el efecto antifúngico de los metabolitos secundarios secretados por los consorcios bacterianos 1) *Pseudomonas mediterranea* y *Pantoea antophila*, 2) *P. mediterránea* y *Variovorax paradoxus 3*) 1316: 1317: 1226 y 4) 1292: 1293: 1226 y de sus extractos libres de células sobre *Fusarium oxysporum in vitro.*
3. Sintetizar y caracterizar AgNPs utilizando como agente reductor el ELC producido por los consorcios bacterianos.
4. Determinar el efecto antifúngico de las AgNPs sintetizadas contra *F. oxysporum* en condiciones *in vitro.*

Metodología

1. Cepas utilizadas

Para los estudios a efectuar se utilizarán cepas de *P. mediterranea*, *Pseudomonas antophila* y *V. paradoxus de* la colección del Laboratorio de Microbiología Molecular (LAMIMO) en la Unidad de Microbiología Básica y Aplicada (UMBA), Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto. Se utilizarán a su vez las cepas 1316, 1317, 1226 de la misma colección, las cuales han sido parcialmente identificadas como *Serratia* spp. Al igual que *F. oxysporum*, estas se encuentran conservadas a -80^{0}C.

2. Identificación molecular de las cepas 1316, 1317

Para realizar la identificación molecular se llevó a cabo la secuenciación del marcador 16S. Para ello se cultivaron los microorganismos en caldo nutriente (CN) por 24h a 28°C en agitación constante y posteriormente se centrifugaron a 6000 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se descartó y se conservó la pastilla de células a -20°C. A partir de esta pastilla se realizó la extracción del ADN usando el método del fenol-cloroformo.

Se utilizaron PCR para amplificar regiones de la subunidad 16S del rRNA usando los cebadores Forward(27F)(AGAGTTTGATCMTGGCTCAG), Reverse(1492R)(TACGGYTACCTTGTTACGACT T) los cuales amplifican un fragmento aproximado de

~1500pb. Los productos se visualizaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 1 % teñido con bromuro de etidio. El producto de PCR se purificó con el kit Zymoclean^{TM}Gel DNA Recovery Kit y se secuenció en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO), en Irapuato por el método de Sanger. La secuencia obtenida se analizó en la base de datos BLAST server for bacterial identification, Ribosomal Database Project, BiBi Database (Mignard y Flandrois, 2006).

3. Efecto antagónico de los metabolitos secundarios producidos por los consorcios bacterianos contra *F. oxysporum*

Para evaluar el efecto de los metabolitos secundarios secretados al medio por los consorcios bacterianos sobre el crecimiento de *F. oxysporum* se realizó un ensayo en placas (90 x 15) de PDA, previamente preparada con un disco de celofán estéril. Se inocularon 160 µL del consorcio al centro de la placa y se estriaron con un hisopo estéril de manera circular. Se incubaron por 4 días a 28°C; posteriormente, se retiraron los discos de celofán obteniendo placas de PDA impregnadas de metabolitos secundarios y/o enzimas. Al centro de la placa se colocaron discos de micelio de ~1 cm^2. Como control positivo se colocaron discos en una placa de PDA sin inocular. Las placas se incubaron a 28 °C por 7 días (Michel-Aceves *et al.*, 2009).

4. Efecto antagónico del ELC contra *F. oxysporum:*

Para obtener el extracto libre de células de los consorcios bacterianos se inocularon 160 µL de los mismos en 50 mL de medios PDB y CN y se incubaron a 28 °C por 96 h con agitación constante (150rpm). A continuación, se colocaron los cultivos en tubos cónicos de 50 mL, se centrifugaron a 5000 rpm por 10 min a 28 °C en la centrífuga Thermo Scientific. Se recuperó el sobrenadante en un tubo cónico de 50 mL.

Para evaluar el efecto antagónico del ELC este se colocó en un matraz Erlenmeyer de 125mL, se agregó Medio Mínimo Fusarium 2x (MMF2x) (nitrato de sodio 2gL^{-1}, cloruro de potasio 0.50gL-1, sulfato de magnesio 0.50gL^{-1}, fosfato dipotásico 1gL^{-1}, sacarosa 30gL^{-1}, sulfato de zinc 0.01gL^{-1}), 120 µL de kanamicina (100 µg/mL), y un inóculo de ~1cm^2 de *F. oxysporum*, para el control se utilizaron en su lugar 50 ml de PDB y CN según correspondiera. Los matraces se incubaron a 28 °C por 7 días con agitación constante (150rpm). Posteriormente, se utilizó un sistema de filtración por gravedad usando tela magitel a peso constante. Se recuperó el magitel con la biomasa crecida y se colocó a secar en cajas Petri a 70 °C por 24 h.

Finalmente se calculó el porcentaje de inhibición de crecimiento definiendo el crecimiento del control como el 100% de crecimiento al que se le restó el porcentaje de crecimiento de cada ensayo. Los resultados se analizaron utilizando un ANOVA de dos vías para determinar la influencia del medio de cultivo y del consorcio utilizado sobre la producción de biomasa.

5. Síntesis de nanopartículas de plata AgNPs:

Para la síntesis de estas partículas, se siguió la metodología planteada por Monowar *et al.* (2018). El ELC recién obtenido se utilizó para formar una mezcla de reacción a partes iguales de una solución de $AgNO_3$ 1 mM. El pH de la mezcla de reacción fue ajustado hasta 7 y la misma se expuso a luz ultravioleta por 4h en agitación (Monowar *et al.*, 2018). Las nanopartículas obtenidas después de una reacción de síntesis se pesaron para determinar la eficiencia de cada consorcio bacteriano como productor de AgNPs. Los consorcios que presentaron mejor rendimiento fueron seleccionados para continuar la síntesis de nanopartículas para el ensayo de inhibición *in vitro*

La caracterización de las partículas en cuanto a su morfología, tamaño y distribución se llevó a cabo mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) (Monowar *et al.*, 2018; Yassin *et al.*, 2021); mientras que, mediante (SEM) y espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (EDS) se determinó la composición de las partículas en porcentaje de masa atómica. Para identificar los grupos funcionales presentes en el ELC responsables de la reducción de

la plata y el recubrimiento de las AgNPs se sometieron a las mismas a espectrometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), que permitió identificar los grupos funcionales asociados a la superficie de las NPs provenientes del ELC (Monowar *et al.*, 2018).

6. Efecto fungicida de las AgNPs en *F. oxysporum*

Para determinar el efecto de las NP sobre *F. oxysporum in vitro* cierta cantidad de conidios ($1x10^6$) en 100 µl de agua destilada estéril fue expuesta a una solución de AgNPs correspondientes a cada consorcio a concentraciones de 300 ppm y 500 ppm por un período de 24h en agitación, tras el cual se retiraron del agitador y pasados 4 días a temperatura ambiente se les aplicó otra dosis de AgNPs. Tras esto, se volvieron a colocar 24h en agitación pasadas las cuales se realizaron observaciones al microscopio óptico para determinar el daño ocasionado a los conidios utilizando tinción con azul de tripano (Bilesky-José *et al.*, 2021). Luego se inocularon los conidios tratados en placas de PDA suplementadas con tritón al 0.5%, kanamicina (50 mg/mL) y ampicilina (100 mg/mL) y se las incubó por un período de 7 días, tras el cual el porcentaje de inhibición del crecimiento se calculó en base al control negativo a partir del diámetro de las colonias. El experimento se realizó por triplicado y se analizó con una prueba de ANOVA.

Resultados

1. Identificación molecular de las cepas 1316 y 1317

El ADN extraído de las cepas 1316 y 1317 fue analizado a través de espectrofotometría para determinar su concentración y calidad por sus proporciones 260/280 y 260/230 las cuales demostraron la pureza y calidad de las muestras. Una vez completado este paso, se llevó a cabo el proceso de optimización de las condiciones de PCR, las cuales resultaron en temperaturas de alineamiento de 63 ^{O} C y 68 ^{O} C para las cepas 1316 y 1317 respectivamente, con el resto de las condiciones de la reacción permaneciendo constantes para ambas cepas.

La electroforesis confirmó la presencia de bandas con un tamaño de aproximadamente 1500 pb, y el análisis en BLAST de las secuencias encontró un porcentaje de identidad con la cepa *Serratia nematodiphila* DZ0503SBS1 (número de accesión NR_044385) de la base de datos del NCBI de 100 y 99 % para las cepas 1316 y 1317.

2. Efecto antagónico de los metabolitos secundarios producidos por los consorcios bacterianos contra *F. oxysporum*

El ensayo de evaluación de los metabolitos secundarios reveló una reducción considerable del diámetro de las colonias en todos los tratamientos en comparación al control después de siete días de incubación a 28^0C (Fig.1). Aunque todos los consorcios redujeron el diámetro final de la colonia en al menos un 70% con respecto a los controles, los consorcios 1292:1293:1226 y 1316:1317:1226 presentaron una mayor efectividad inhibiendo el crecimiento del hongo.

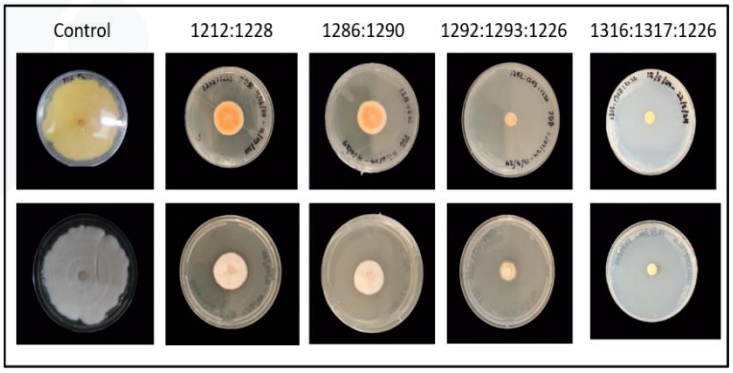


Fig.1 Experimento de inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* por los metabolitos secundarios de los consorcios. En la imagen se puede observar una reducción considerable en el diámetro de las colonias, particularmente en las tratadas con los consorcios 1292:1293:1226 y 1316:1317:1226

3. Efecto antagónico del ELC contra *F. oxysporum:*

Todos los extractos libres de células demostraron ser efectivos inhibiendo el crecimiento de *F. oxysporum,* con la formación de micelios menos abundantes y organizados en cada una de las réplicas en comparación con el control sin ELC, así como la producción de pigmentos en algunos de los casos.

El porcentaje de inhibición fue de alrededor de 70% en los consorcios 1212:1228, 1316:1317:1226 y 1286:1290 y una inhibición de aproximadamente el 90% por parte del ELC proveniente del consorcio 1292:1293:1226. La prueba de ANOVA rechazó la hipótesis de que el medio de cultivo en el cual se obtuvo el ELC tiene influencia sobre el porcentaje de inhibición del crecimiento (P=0.9954). También encontró que el consorcio utilizado en cada caso influenciaba significativamente los resultados de la prueba (P= 0.0001). La prueba de Tukey encontró que no existen diferencias significativas entre el efecto de los consorcios 1212:1228, 1316:1317:1226 y 1286:1290, pero arrojó una diferencia significativa entre estos tres consorcios y el consorcio 1292:1293:1226 (Fig 2).

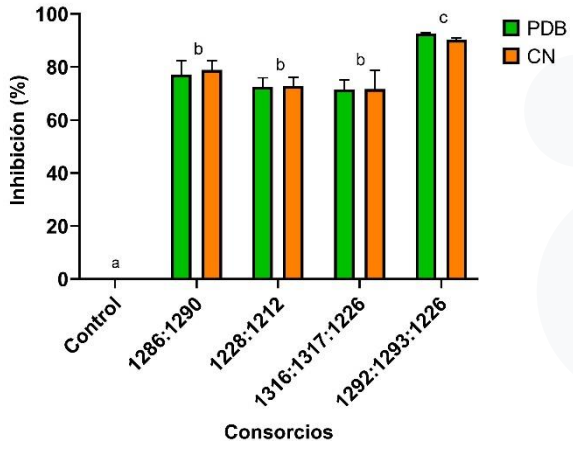


Fig.2 Experimento de inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* por el ELC de los consorcios 1286:1290, 1212:1228, 1292:1293:1226 y 1316:1317:1226

4. Síntesis y caracterización de AgNPs:

Los extractos de los cuatro consorcios demostraron ser capaces de reducir el $AgNO_3$. Las reacciones de síntesis partiendo de 1 L de ELC de cada consorcio mostraron que los mayores productores de AgNPs fueron los consorcios 1316:1317:1226 y 1212:1228 los cuales permitieron obtener 100 y 60 mg de NPs en una sola reacción respectivamente, por lo que la caracterización, exceptuando la FTIR se continuó solamente con estos dos consorcios.

El resultado de la TEM de los consorcios reveló la presencia de nanopartículas de forma mayoritariamente esférica. Ambos consorcios produjeron partículas de tamaños variados que abarcan desde los 20 nm a partículas de menos de 5nm en el caso del consorcio 1316:1317:1226 y nanopartículas de 10 nm o menos en el caso del consorcio 1212:1228 (Fig. 3).

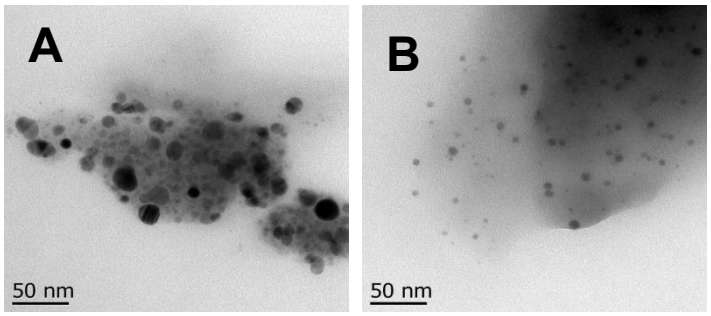


Fig.3 TEM de los consorcios A) 1316:1317:1226 y B) 1212:1228.

La EDS reveló que las partículas sintetizadas por el ELC del consorcio 1316:1317:1226 están conformadas en 83.5% de Ag con el resto de su composición conformada por impurezas de Cl. El consorcio 1212:1228 por su parte presentó un 85.3% de Ag con algunas impurezas (~ 2.7% Al, ~ 1.6% P, ~ 10.4% Cl).

La FTIR de los consorcios (Fig 3) mostró bandas de absorción suaves y amplias alrededor de los 3298.0 cm^{-1}, bandas justo por encima de los 3000cm^{-1}, cerca de los 2900 $cm^{-1,}$ en la región cercana a los 1640 a

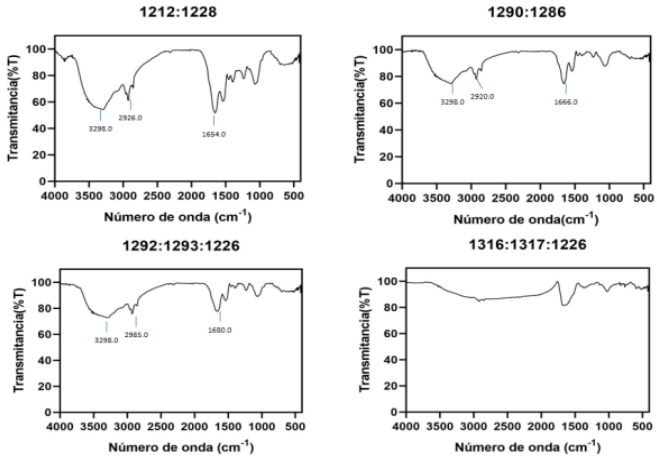


Fig 4. FTIR de las AgNPs sintetizadas con el ELC de los consorcios 1212:1228, 1290:1286, 1292:1293:1226 y 1316:1317:1226 respectivamente.

1680 cm^{-1} y en la región de 1300cm^{-1} en las nanopartículas de tres de los consorcios evaluados. El consorcio 1316:1317:1226 presentó bandas de absorción en posiciones similares pero la intensidad de estas fue muy baja comprometiendo la utilidad de los resultados de la prueba.

5. Efecto fungicida de las AgNPs en *F. oxysporum*

La tinción con azul de tripano de los conidios tratados con las soluciones de AgNP (Fig 5.) reveló que a 300 ppm y 500 ppm el consorcio 1316:1317:1226 causó daños en los conidios que afectaron la viabilidad de estos lo que se evidencia por la coloración azul de los conidios afectados. Por su parte, las AgNPs del consorcio 1212:1228 causaron muy pocos daños a los conidios a 300 ppm con solo algunas células comprometidas en algunos campos del microscopio. A 500 ppm se observaron daños en un mayor número de conidios.

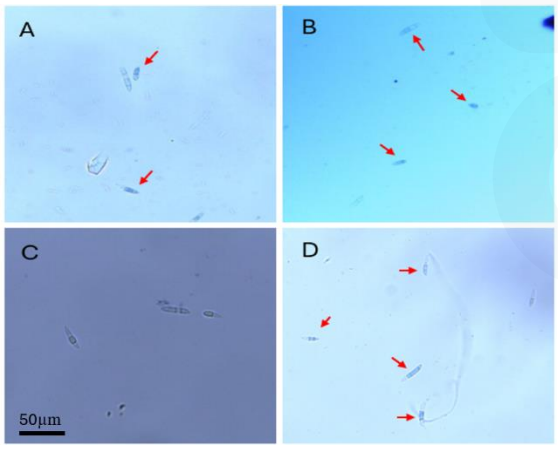


Fig.5 Observación al microscopio de los conidios tratados con las soluciones de AgNPs y teñidos con azul de tripano: A) 1316:1317:1226 (300ppm), B) 1316:1317:1226 (500ppm), C) 1212:1228 (300ppm), D) 1212:1228 (500ppm). Los conidios dañados se encuentran señalados

Los conidios tratados con 300 ppm y 500 ppm de la solución de partículas sintetizadas mediante el ELC del consorcio 1316:1317:1226 presentaron una reducción considerable en el diámetro de las colonias en comparación con el control, con un porcentaje de inhibición del crecimiento con aquellas sometidas a la mayor concentración de AgNPs siendo incapaces de germinar y producir una colonia. Mientras tanto, aquellos tratados con las mismas concentraciones de nanopartículas del consorcio 1228:1212 no presentaron reducción en el crecimiento a 300 ppm y aunque en la mayoría de las réplicas a 500 ppm el crecimiento se suprimió por completo algunas réplicas presentaron un crecimiento muy reducido (Fig 6).

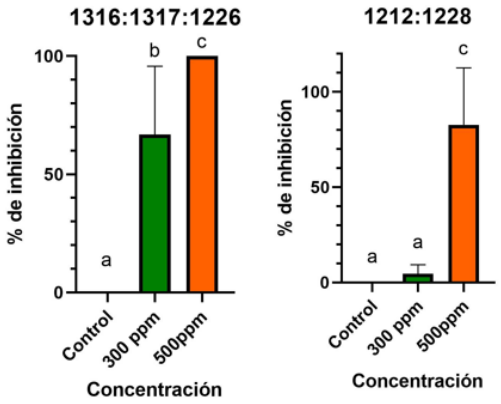


Fig.6 Porcentaje de inhibición del crecimiento de *F. oxysporum* tratado con AgNPs.

Discusión y conclusiones

La capacidad de las NPs metálicas de actuar como fungicidas ha sido reportada con anterioridad por varios autores (Al-Otibi *et al.*, 2021). La misma está influenciada por propiedades de los nanomateriales como su tamaño, su forma, el recubrimiento de sus superficie, entre otros (Asha y Narain, 2020).

Las AgNPs sintetizadas en este trabajo presentaron formas mayoritariamente esféricas en ambos consorcios caracterizados por TEM. Las nanopartículas esféricas han sido asociadas a una inhibición eficiente del crecimiento microbiano debido que suelen presentar una mayor área superficial (Sharma *et al.*, 2024)

Las partículas sintetizadas tuvieron tamaños de 20 nm o inferiores en el caso del consorcio 1316:1317:1226 y nanopartículas de 10 nm o menos en el caso del consorcio 1212:1228. El tamaño de las NPs es esencial debido a que determina la relación superficie-volumen del material de tal forma que NPs más pequeñas poseen una mayor área de interacción con el

medio aumentando su reactividad (Asha y Narain, 2020). Además, se suele considerar que las nanopartículas de menor tamaño poseen una mayor facilidad para ser internalizadas a través de las paredes celulares haciéndolas más efectivas contra microorganismos (Linklater *et al.*, 2020). Esto parece reflejar una contradicción con los resultados de este estudio, en los cuales las AgNPs del consorcio 1316:1317:1226 presentaron una mayor efectividad inhibiendo el crecimiento de *F. oxysporum* que las sintetizadas usando el ELC del otro consorcio a pesar del menor tamaño de estas últimas.

Una posible explicación para este fenómeno estaría dada por la presencia agentes encapsulantes revelada por los resultados del FTIR de los consorcios en cuestión. En el consorcio 1212:1228 esta encontró bandas de absorción suaves y amplias alrededor de los 3298.0 cm^{-1} relacionadas a grupos funcionales amino (N-H) de las proteínas y a vibraciones de estiramiento de los grupos hidroxilo (OH) presentes en fenoles y alcoholes. Las bandas justo por encima de los 3000cm^{-1} podrían indicar la presencia de enlaces dobles que involucran hidrógeno como los presentes en los alquenos, las encontradas cerca de los 2900 cm^{-1} se relacionan con el estiramiento de grupos C-H presentes en la mayoría de los compuestos orgánicos. Las bandas en la región que abarca desde 1640 a 1680 cm^{-1} pueden indicar la presencia de grupos carbonilos y las de la región de 1300 cm^{-1} se pueden correlacionar a vibraciones de estiramiento de grupos C-N y C-C.

En conjunto, estos resultados indican la presencia de fenoles, alcoholes y proteínas adheridos a la superficie de las AgNPs provenientes del ELC utilizado para la síntesis. Estos agentes encapsulantes son capaces de modificar las propiedades de los nanomateriales ya sea modificando su forma, proveyéndoles estabilidad, modificando su área superficial o aportándoles propiedades intrínsecas de los compuestos químicos que conforman el recubrimiento (Javed *et al.*, 2020). A pesar de que los resultados de la FTIR del consorcio 1316:1317:1226 no fueron lo suficientemente robustos para determinar con seguridad qué grupos funcionales están adheridos a su superficie, sí son suficientes para confirmar la presencia de un recubrimiento en la misma provenientes del ELC.

Aunque la prueba de inhibición del crecimiento por el ELC no detectó diferencias significativas entre estos dos consorcios, la prueba de inhibición por los metabolitos secundarios sí encontró que el consorcio 1316:1317:1226 redujo el diámetro de las colonias de *F. oxysporum* en mayor medida que las de su contraparte. Esto podría indicar que algunos de los metabolitos sintetizados por el consorcio 1316:1317:1226 podría estar aportando esta capacidad aumentada de las NPs para actuar como antifúngicos en comparación con el otro consorcio al adherirse a la superficie del material.

En resumen, todos los consorcios bacterianos fueron capaces de inhibir el crecimiento del hongo tanto a través de sus metabolitos secundarios como con sus extractos libres de células, y todos catalizaron correctamente la reacción de reducción de la Ag que da lugar a las AgNPs, aunque los consorcios 1316:1317:1226 y 1212:1228 fueron los mayores productores de nanomaterial.

Las nanopartículas generadas a partir del consorcio 1316:1317:1226 inhibieron el crecimiento de hongo en aproximadamente un 60% a 300 ppm e inhibieron por completo el crecimiento en caja Petri a 500 ppm, lo que ratifica la utilidad de estos nanomateriales como antifúngicos. El consorcio 1212:1228 no inhibió significativamente el crecimiento a 300 ppm, pero presentó un porcentaje de inhibición del crecimiento considerable a 500 ppm. Por lo tanto, ambos consorcios podrían ser viables en la producción de AgNP con actividad antifúngica contra *Fusarium oxysporum*.

La efectividad de este nanomaterial en cuanto a su capacidad para proteger a la planta de *Solanum lycopersicum* L. retada con *Fusarium oxysporum* será determinada en condiciones de invernadero se determinará en futuros experimentos. Así mismo, se investigará el efecto de las AgNPs en la promoción del crecimiento de la planta

Referencias

1 - Al-Otibi, F., Perveen, K., Al-Saif, N. A., Alharbi, R. I., Bokhari, N. A., Albasher, G., . . . Al-Mosa, M. A. (2021). Biosynthesis of silver nanoparticles using Malva parviflora and their antifungal activity. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(4), 2229-2235. doi:https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.01.012

2 - Alvarez-Carvajal, F., Gonzalez-Soto, T., Armenta-Calderón, A., Méndez Ibarra, R., Esquer-Miranda, E., Juarez, J., & Encinas-Basurto, D. J. B. (2020). Silver nanoparticles coated with chitosan against Fusarium oxysporum causing the tomato wilt. *22*(3), 73-80.

3 - Asha, A. B., & Narain, R. (2020). Chapter 15 - Nanomaterials properties. In R. Narain (Ed.), *Polymer Science and Nanotechnology* (pp. 343-359): Elsevier.

4 - Bilesky-José, N., Maruyama, C., Germano-Costa, T., Campos, E., Carvalho, L., Grillo, R., . . . de Lima, R. (2021). Biogenic α-Fe2O3 Nanoparticles Enhance the Biological Activity of Trichoderma against the Plant Pathogen Sclerotinia sclerotiorum. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 9*(4), 1669-1683. doi:10.1021/acssuschemeng.0c07349

5 - Dubey, S. C., Tripathi, A., Tak, R., & Devi, S. I. (2020). Evaluation of bio-formulations of fungal and bacterial biological control agents in combination with fungicide in different mode of application for integrated management of tomato wilt. *Indian Phytopathology, 73*(3), 425-432. doi:10.1007/s42360-020-00255-6

6 - Hassan, H. A. (2020). Biology and Integrated Control of Tomato Wilt Caused by Fusarium oxysporum Lycopersici: A Com-prehensive Review under the Light of Recent Advancements. *J. Bot. Res., 3*(1), 84-99.

7 - Javed, R., Zia, M., Naz, S., Aisida, S. O., Ain, N. u., & Ao, Q. (2020). Role of capping agents in the application of nanoparticles in biomedicine and environmental remediation: recent trends and future prospects. *Journal of Nanobiotechnology, 18*(1), 172-172. doi:10.1186/s12951-020-00704-4

8 - Linklater, D. P., Baulin, V. A., Le Guével, X., Fleury, J.-B., Hanssen, E., Nguyen, T. H. P., . . . Ivanova, E. P. (2020). Antibacterial Action of Nanoparticles by Lethal Stretching of Bacterial Cell Membranes. *Advanced Materials, 32*(52), 2005679. doi:https://doi.org/10.1002/adma.202005679

9 - Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Solano-Pascacio, L. Y., Ariza-Flores, R., Barrios-Ayala, A., & Rebolledo-Martínez, A. J. R. m. d. f. (2009). Biocontrol in vitro con Trichoderma spp. de Fusarium subglutinans (Wollenweb. y Reinking) Nelson, Toussoun y Marasas y F. oxysporum Schlecht., Agentes Causales de la" Escoba de Bruja" del Mango (Mangifera indica L.). *27*(1), 18-26.

10 - Mignard, S., & Flandrois, J. P. (2006). 16S rRNA sequencing in routine bacterial identification: A 30-month experiment. *Journal of Microbiological Methods, 67*(3), 574-581. doi:https://doi.org/10.1016/j.mimet.2006.05.009

11 - Monowar, T., Rahman, M. S., Bhore, S. J., Raju, G., & Sathasivam, K. V. (2018). Silver Nanoparticles Synthesized by Using the Endophytic Bacterium Pantoea ananatis are Promising Antimicrobial Agents against Multidrug Resistant Bacteria. *Molecules, 23*(12). doi:10.3390/molecules23123220

12 - Noah, N. (2019). Green synthesis: Characterization and application of silver and gold nanoparticles. In A. K. Shukla & S. Iravani (Eds.), *Green Synthesis, Characterization and Applications of Nanoparticles* (pp. 111-135): Elsevier.

13 - Salas Gómez, A. L., Osorio Hernández, E., Espinoza Ahumada, C. A., Rodríguez Herrera, R., Segura Martínez, M. T. d. J., Neri Ramírez, E., & Estrada Drouaillet, B. (2022). Principales enfermedades del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) en condiciones de campo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6*(1), 4190-4210. doi:10.37811/cl_rcm.v6i1.1793

14 - Sharma, K., Raj, H., Sharma, A., Sharma, M., Sharma, A., & Thakur, A. (2024). Green Silver Nanoparticles and Their Activity as Antifungal Agents Against Penicillium digitatum Causing Green Mould of Citrus. *ChemistrySelect, 9*(34), e202402180. doi:https://doi.org/10.1002/slct.202402180

15 - SIAP. (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios- Tomate rojo (Jitomate). Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/870865/Jitomate_Octubre.pdf

16 - Spinoso-Castillo, J. L., Chavez-Santoscoy, R. A., Bogdanchikova, N., Pérez-Sato, J. A., Morales-Ramos, V., & Bello-Bello, J. J. (2017). Antimicrobial and hormetic effects of silver nanoparticles on in vitro regeneration of vanilla (Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 129*(2), 195-207. doi:10.1007/s11240-017-1169-8

17 - Van Nguyen, D., Nguyen, H. M., Le, N. T., Nguyen, K. H., Nguyen, H. T., Le, H. M., . . . Van Ha, C. (2022). Copper Nanoparticle Application Enhances Plant Growth and Grain Yield in Maize Under Drought Stress Conditions. *Journal of Plant Growth Regulation, 41*(1), 364-375. doi:10.1007/s00344-021-10301-w

18 - Yassin, M. A., Elgorban, A. M., El-Samawaty, A., & Almunqedhi, B. M. A. (2021). Biosynthesis of silver nanoparticles using Penicillium verrucosum and analysis of their antifungal activity. *Saudi J Biol Sci, 28*(4), 2123-2127. doi:10.1016/j.sjbs.2021.01.063

Expresión de genes fotosintéticos bajo estrés hídrico en tomate

Ledesma-Valladolid Juan Pablo[1], Nava-Morales Gerardo Manuel[1], Mercado-Silva Edmundo Mercado[1].

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química.

Correspondencia: pledesmavalladolid@gmail.com; gerardomnava@gmail.com; mercado501120@gmail.com

Resumen

La familia de proteínas del complejo de captación de luz conocida como LhcA/B (Light Harvesting Complex A/B) ayuda a mantener la eficiencia fotosintética de las plantas y juega un papel de vital importancia en la regulación del desarrollo vegetal y la resistencia a condiciones de estrés abiótico; por ejemplo, el estrés hídrico. La evaluación de la expresión de genes de la familia LhcA/B en cultivos de importancia económica como el tomate es importante para comprender el mecanismo de adaptación a condiciones de estrés hídrico. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la diversidad de genes y proteínas de la familia LhcA/B en tomate (*Solanum lycopersicum)*, así como evaluar sus niveles de expresión a través de análisis *in silico* en condiciones de estrés hídrico. Se identificaron 16 genes de la familia LhcA/B en tomate a partir de *Arabidopsis thaliana*. El análisis estructural mostró la conservación del dominio proteico "Chlorophyll A/B binding protein". Además, se evidenciaron 76 eventos de duplicación genética en los miembros de la familia LhcA/B. Por último, el análisis de expresión reveló una readucción de hasta el ≈99% en la transcripción de los genes *SlLhcA1, SlLhcA2, SlLhcA3, SlLhcA4, SlLhcB1.1, SlLhcB1.2, SlLhc2.1* y *SlLhc2.2* en condiciones de estrés hídrico comparado con el grupo control.

Palabras clave: Genómica comparativa, bio-informática, Light Harvesting Complex, Proteínas de unión a las clorofilas.

Abstract

The Light Harvesting Complex LhcA/B proteins family helps to maintain the plant photosynthetic efficiency and plays an important role in the plant development regulation and plant resistance to several abiotic stress: for example, hydric stress. The evaluation of the expression of genes of the LhcA/B family in economically important crops such as tomato is important to understand the mechanism of adaptation to hydric stress conditions. The aim of the present study was to characterize the diversity of genes and proteins of the LhcA/B family in tomato (*Solanum lycopersicum*), as well as to evaluate their expression levels through *in silico* analysis under hydric stress conditions. 16 genes of the LhcA/B family were identified in tomato from *Arabidopsis thaliana*. The structural analysis showed the conservation of the protein domain "Chlorophyll A/B binding protein". In addition, 76 genetic duplication events were evident in members of the LhcA/B family. Finally, the expression analysis revealed a reduction up to ≈99% in the transcription of the *SlLhcA1, SlLhcA2, SlLhcA3, SlLhcA4, SlLhcB1.1, SlLhcB1.2, SlLhc2.1* and *SlLhc2.2* genes under hydric stress conditions compared with the control group.

Key words: Comparative genomics, bioinformatics, Light Harvesting Complex, Chlorophyll binding proteins.

Introducción

La fotosíntesis puede ser el mecanismo bioquímico más importante para los organismos biológicos (Bag et al., 2020; Chen et al., 2023; Makino & Sage, 2007). Se estima que entre el 90-95% de la biomasa generada en las plantas proviene directamente de la fotosíntesis (Bag et al., 2020; Chen et al., 2023; Makino & Sage, 2007). La fotosíntesis se divide en dos principales etapas: las reacciones dependientes de la luz, y el Ciclo de Calvin-Benson (Shimizu et al., 2015). En las reacciones dependientes de la luz, la absorción de fotones provenientes de la energía solar desencadena un transporte de electrones a través de la membrana tilacoidal dentro de los cloroplastos (Pietrzykowska et al., 2014). Dicho gradiente electrónico propiciará la síntesis de energía en forma de ATP y NADPH

(Pietrzykowska et al., 2014). Posteriormente, dicha energía será utilizada por las reacciones del Ciclo de Calvin-Benson para la fijación de dióxido de carbono y síntesis de compuestos orgánicos.

Para que todo este mecanismo funcione con normalidad, se debe dar la óptima conformación de los fotosistemas I y II. Los fotosistemas a su vez, están conformados por los centros de reacción y los complejos de captación de energía (LhcA/B, Light Harvesting Complex) (Croce & van Amerongen, 2013; Gao et al., 2018; Nelson & Yocum, 2006; van Amerongen & Croce, 2013). Los complejos de captación de energía están compuestos por una serie de proteínas denominadas "Chlorophyll a/b binding Protein" ó "proteínas de unión a las clorofilas" (Croce & van Amerongen, 2013; Gao et al., 2018; Nelson & Yocum, 2006; van Amerongen & Croce, 2013). Estas proteínas sirven como punto de unión con las clorofilas, que en conjunto llevarán a cabo la absorción y transferencia de energía a los centros de reacción de los fotosistemas, y posteriormente desencadenarán el gradiente electrónico (Croce & van Amerongen, 2013; Gao et al., 2018; Nelson & Yocum, 2006; van Amerongen & Croce, 2013). Las proteínas de unión a las clorofilas se caracterizan por contener en su estructura el dominio conservado denominado como "Chlorophyll a/b binding protein" (Green & Pichersky, 1994; Zou & Yang, 2019). Por último, las proteínas de unión a las clorofilas se dividen en dos principales subfamilias: LhcA y LhcB, las cuales se relacionan al fotosistema I (PSI) y al fotosistema II (PSII) (Klimmek et al., 2006; Zou & Yang, 2019).

La elucidación del impacto de factores de estrés sobre los niveles de expresión de las proteínas de unión a las clorofilas es de vital importancia para comprender como impactan en la conformación de los fotosistemas y en la capacidad fotosintética de las plantas. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la diversidad de genes y proteínas de la familia LhcA/B en tomate (*Solanum lycopersicum)*, así como evaluar sus niveles de expresión a través de análisis *in silico* en condiciones de estrés hídrico.

Metodología

Identificación y caracterización de los genes y proteínas de la familia LhcA/B

Para identificar las secuencias de aminoácidos y de nucleótidos (CDS; secuencia codificante, y secuencia genómica) de la familia LhcA/B (Light Harvesting Complex A/B) en tomate, primero se llevó a cabo la identificación de las mismas en *Arabidopsis thaliana*, el cual fue tomado como modelo de referencia. Dichas secuencias fueron recuperadas de la base de datos TAIR (https://www.arabidopsis.org). Posteriormente, las secuencias proteicas fueron utilizadas para llevar a cabo un análisis genómico comparativo a través de la herramienta BLASTP (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/) contra la colección completa de proteínas (CDS translations+PDB+SwissProt+PIR+PRF) archivadas en el GenBank (834,777,505 secuencias; hasta Noviembre del 2024). La búsqueda y comparación se limitó a *Solanum lycopersicum* (taxid:4081). Para el análisis se utilizaron los siguientes parámetros; % de Identidad (≥80%), % de cobertura (≥90%) y E-value ($1e^{-10}$). Los números de acceso con los mejores resultados fueron usados para recopilar las secuencias de aminoácidos y de nucleótidos (CDS; secuencia codificante, y secuencia genómica) en tomate depositadas en el GenBank. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/). Por último, se recuperaron características como la longitud de la secuencia proteica, así como número de exones e intrones y la localización cromosomal de las secuencias genómicas de *A. thaliana* y tomate (Lan et al., 2022).

Análisis de alineamiento múltiple y análisis filogenético de proteínas de la familia LhcA/B

Para identificar la homología intraespecífica e interespecífica, así como entender las relaciones evolutivas entre las secuencias proteicas identificadas en *A. thaliana* y tomate, se realizó un análisis de alineamiento múltiple. Para dicho propósito, se utilizó el método ClustalW usando los parámetros predeterminados usando el software Mega XI. Posteriormente, el árbol filogenético se construyó usando el método Neighbor-Joining tree, ajustado al modelo Jones-Taylor Thornton con 1,000 réplicas bootstrap. Finalmente, la herramienta iTOL

(https://itol.embl.de/) fue usada para generar un esquema de alta calidad (Lan et al., 2022)

Análisis estructural de genes y proteínas de la familia LhcA/B identificados en tomate.

Con el objetivo de corroborar la funcionalidad de las secuencias proteicas y genómicas identificadas de la familia LhcA/B en tomate, se llevó a cabo un análisis estructural de las mismas. Se analizaron e identificaron los exones e intrones de las secuencias genómicas usando la plataforma "Structure Display Server" (GSDS) (https://gsds.gao-lab.org/). Además, se identificaron los motivos proteicos conservados a través de la plataforma MEME (https://meme-suite.org/meme/tools/meme). Por último, se identificaron los dominios proteicos conservados a través de las plataformas InterPro (https://www.ebi.ac.uk/interpro/) y NCBI-CDD (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/cdd/wrpsb.cgi) usando un E-value <0.01. Los diagramas se generaron en la plataforma TBtools (v2.096, https://github.com/CJ-Chen/TBtools-II) (Lan et al., 2022)

Análisis de localización cromosomal y duplicación genética

La localización física de cada gen en los cromosomas de tomate fue obtenida de la base de datos NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/). Posteriormente se generó el diagrama de localización cromosomal usando la herramienta MG2C (v2.1, http://mg2c.iask.in/mg2c_v2.1/). Para el análisis de duplicación genética, como primer paso, se realizó un análisis de sustitución de nucleótidos, determinándose los parámetros *Ka* (cambios sinónimos) y *Ks* (cambios no sinónimos) usando el software Mega XI. Posteriormente se calculó la relación *Ka/Ks*. Los resultados se graficaron usando la plataforma TBtools (v2.096, https://github.com/CJ-Chen/TBtools-II) (Lan et al., 2022).

Análisis *in silico* de expresión de genes de la familia LhcA/B en tomate bajo condiciones de estrés hídrico

Para determinar el efecto de condiciones de estrés hídrico sobre los niveles de expresión *in silico* de los genes identificados en tomate, se analizaron datos Illumina RNA-seq obtenidos de la base de datos NCBI-GEO (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gds). Los datos obtenidos corresponden a tres diferentes tratamientos; Tratamiento control (CT), 3 horas de estrés hídrico (EH-3), y 6 horas de estrés hídrico (EH-6). Se usaron los números se acceso de cada gen para identificar el efecto de cada tratamiento sobre sus niveles de expresión. Los resultados se reportaron como FPKM (Fragments per kilobase of exon per million).

Resultados

Identificación y caracterización de los genes y proteínas de la familia LhcA/B.

En el presente estudio, un total de 19 genes y proteínas fueron identificados en *Arabidopsis thaliana*. Específicamente, se identificaron 6 genes y proteínas de la familia LhcA y 13 de la familia LhcB (Tabla 1). A través del análisis genómico comparativo realizado con la herramienta BLASTP, se identificaron 16 proteínas homólogas en tomate. Específicamente, se identificaron 6 proteínas de la familia LhcA y 10 proteínas de la familia LhcB (Tabla 1). Finalmente, se recopiló la siguiente información información de los genes y proteínas identificados; longitud de la secuencia proteica, número de exones e intrones de las secuencias genómicas, y la localización cromosomal de las secuencias genómicas (Tabla 1).

Análisis de alineamiento múltiple y análisis filogenético de proteínas de la familia LhcA/B

El análisis filogenético (Figura 1) muestra la generación de 5 clústeres de proteínas. El primer clúster está formado por las proteínas que forman parte de la familia LhcA de *Arabidopsis thaliana* y de tomate (Figura 1). El análisis demuestra la homología existente entre las proteínas de ambos modelos biológicos, lo cual propició la generación de un solo clúster. El análisis filogenético muestra la formación de cuatro clústeres formados por las proteínas que conforman a la familia LhcB (Figura 1). Las proteínas Lhcb6 de *A. thaliana* y tomate forman el subgrupo denominado CP24. El subgrupo CP26 lo conforman las proteínas LhcB5 de ambos modelos biológicos y el subgrupo CP29 lo conforman las proteínas LhcB4.1, LhcB4.2 y LhcB4.3 de *A. thaliana*, así como la proteína LhcB4.1 de tomate. Por último, el clúster LhcB, está conformado por la mayoría de las proteínas que

conformana dicha familia. La generación de 5 clústeres de proteínas de la familia LhcB, demuestra una diversidad proteica más amplia respecto a lo observado a la familia de proteínas LhcA. Esto puede tener un papel importante en la conformación de los fotosistemas, en especial del fotosistema II (PSII), lo cual está relacionado con la capacidad fotosintética de los modelos biológicos.

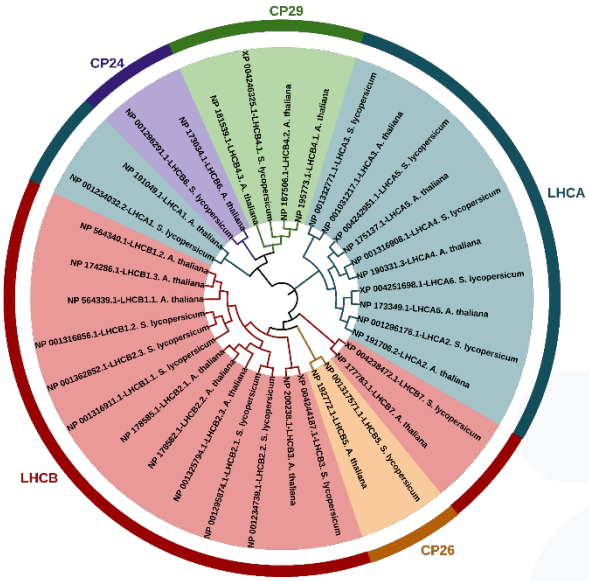


Figura 1. Árbol filogenético de la familia de proteínas LhcA/B de *A. thaliana* y tomate.

Análisis estructural de genes y proteínas de la familia LhcA/B identificados en tomate.

El análisis estructural de las secuencias genómicas muestra la conservación 1 a 5 intrones y 2 a 6 exones de los genes de la familia LhcA (Figura 2A). Por otro lado, los genes de la familia LhcB muestran la conservación de 1 a 6 intrones y 1 a 6 exones en su secuencia de nucleótidos (Figura 2A). El análisis estructural de las secuencias proteicas muestra una longitud de la secuencia de 246 a 287 aminoácidos para la familia LhcA. La longitud de la secuencia de las proteínas de la familia LhcB es de 262 a 318 aminoácidos. El análisis estructural demuestra la conservación de estructuras de menor tamaño a lo largo de la secuencia proteica, las cuales se relacionan directamente con su funcionalidad. La familia LhcA muestra la conservación de 3 a 6 motivos proteicos, mientras que la familia LhcB muestra la conservación de 4 a 10 motivos (Figura 2B). De acuerdo a los resultados arrojados por la base de datos InterPro, dichos motivos conservados corresponden a pequeñas estructuras proteicas de unión a las clorofilas que conforman los fotosistemas, así como a las membranas tilacoidales. Por último, el análisis de dominios proteicos, demuestra la conservación del dominio denominado “Chlorophyll A/B Binding Protein” (Figura 2C). Estos resultados demuestran que las secuencias identificadas para ambos modelos biológicos contienen estructuras relacionadas directamente con su funcionalidad, lo cual repercute en la conformación de los fotosistemas, así como en el mantenimiento de la capacidad fotosintética de las plantas.

Análisis de localización cromosomal y duplicación genética

El análisis de localización cromosomal de los genes identificados demuestra su distribución a lo largo de 8 de los 10 cromosomas del tomate. Los cromosomas 1, 2, 4, 6, y 9 se caracterizan por contener solamente un gen en su estructura. El cromosoma 10 contiene 2 de los 16 genes identificados y los cromosomas 3 y 7 muestran el mayor número de genes en su estructura con tres cada uno. El análisis de duplicación genética muestra hasta 76 eventos de duplicación genética entre los 16 genes identificados en tomate a lo largo de su historia evolutiva. La relación *Ka/Ks* muestra valores menores a 1 en los 76 eventos de duplicación, lo cual demuestra eventos de duplicación negativa/Purificadora. Por último, lo resultados demuestran 69 eventos de duplicación segmental y 7 eventos de duplicación en tándem.

Análisis *in silico* de expresión de genes de la familia LhcA/B en tomate bajo condiciones de estrés hídrico

El análisis de expresión *in silico* de los genes identificados muestra un severo impacto del estrés hídrico sobre los niveles de expresión de los genes *SlLhcA1, SlLhcA2, SlLhcA3, SlLhcA4, SlLhcB1.1, SlLhcB1.2, SlLhc2.1* y *SlLhc2.2* (Figura 4). Los resultados demuestran la reducción del ≈99% en los niveles de expresión a las 3 horas de someter a las plantas de tomate a condiciones de estrés hídrico (EH-3), respecto a lo observado en el tratamiento control (Figura 4). Como se puede observar, los niveles de expresión se incrementan tras haber transcurrido 6 horas de someter a las plantas a condiciones

de estrés hídrico (EH-6) (Figura 4). Sin embargo, los niveles de expresión son hasta ≈90% inferiores respecto al tratamiento control. Estos resultados demuestran el severo impacto de las condiciones de estrés hpidrico sobre la expresión de genes de la familia LhcA/B.

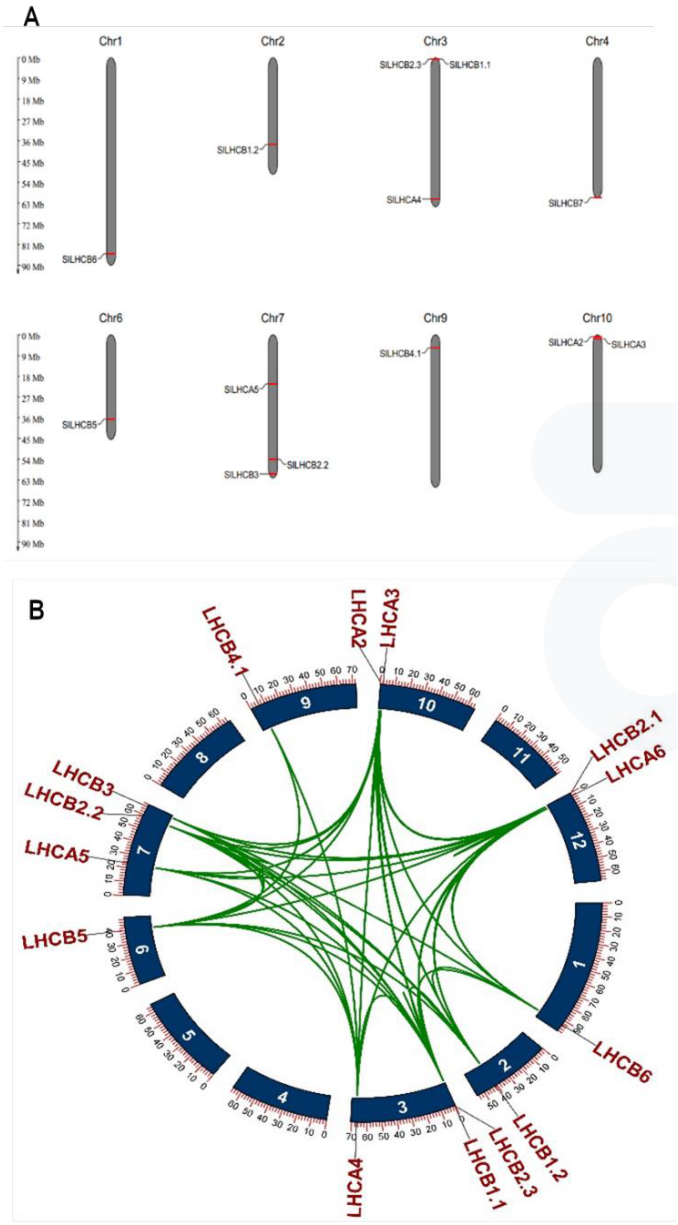


Figura 3. (A) Distribución cromosomal de los genes de la familia LhcA/B en tomate. **(B)** Análisis de duplicación

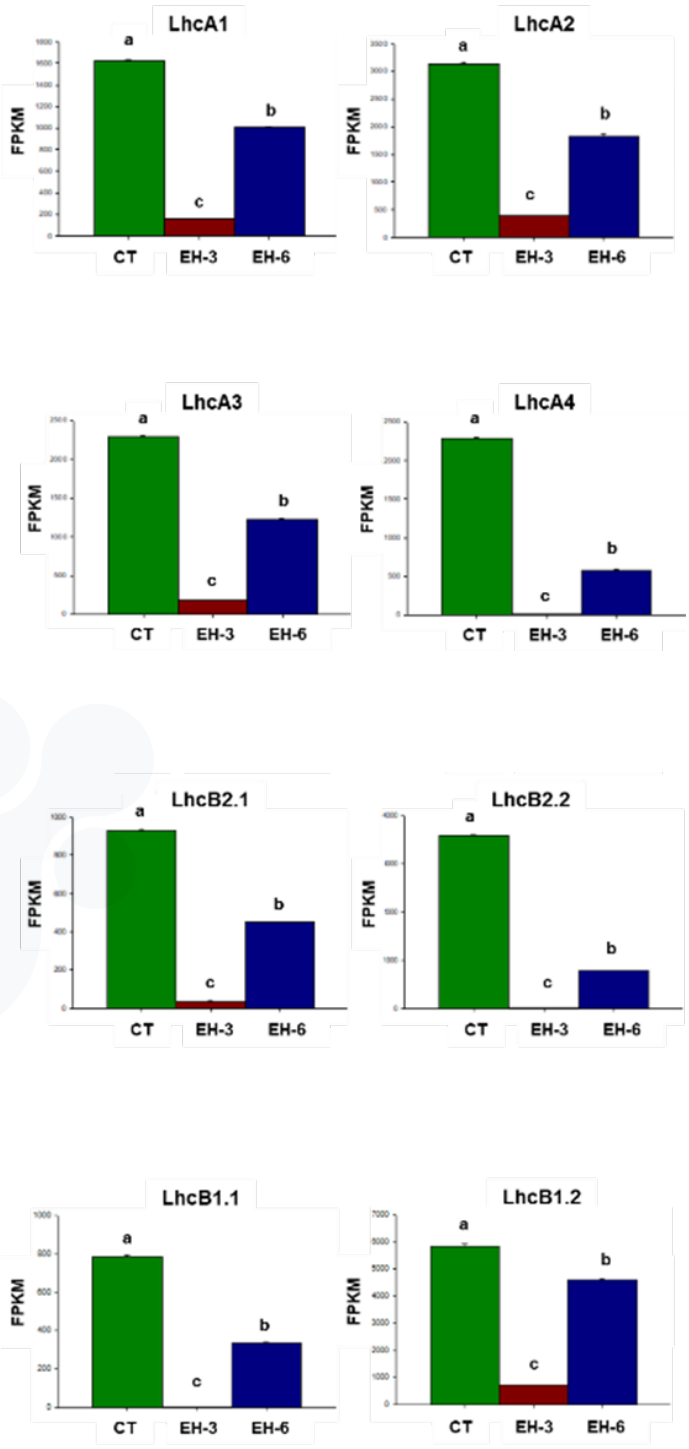


Figura 4. Niveles de expresión relativa de genes de la familia LhcA/B en tomate en condiciones de estrés hídrico. Las barras de error representan el error estándar de cada tratamiento calculadas

Tabla 1. Identificación y características de las secuencias genómicas y proteicas de la familia LhcA/B de *Arabidopsis thaliana* y *Solanum lycopersicum.* aa, amino ácidos

Modelo Vegetal	Símbolo	Nombre del gen	GenBank ID (Proteína)	GenBank ID (Gen)	Longitud de proteína (aa)	Número de exones	Localización cromosomal	Posición inicial	Posición final
A. thaliana	AT3G54890	LHCA1	NP_191049.1	NM_115346.4	241	5	3	20339504	20341176
A. thaliana	AT3G61470	LHCA2	NP_191706.2	NM_116012.5	257	4	3	22745514	22747444
A. thaliana	AT1G61520	LHCA3	NP_001031217.1	NM_001036140.1	273	4	1	22699715	22701412
A. thaliana	AT3G47470	LHCA4	NP_190331.3	NM_114615.4	251	4	3	17493343	17495033
A. thaliana	AT1G45474	LHCA5	NP_175137.1	NM_103597.5	256	6	1	17179250	17180806
A. thaliana	AT1G19150	LHCA6	NP_173349.1	NM_101773.3	270	3	1	6612630	6613972
A. thaliana	AT1G29910	LHCB1.1	NP_564339.1	NM_102731.3	267	1	1	10472280	10473502
A. thaliana	AT1G29920	LHCB1.2	NP_564340.1	NM_102732.3	267	1	1	10474656	10475969
A. thaliana	AT1G29930	LHCB1.3	NP_174286.1	NM_102733.3	267	1	1	10477885	10479114
A. thaliana	AT2G05100	LHCB2.1	NP_178585.1	NM_126540.4	265	2	2	1822990	1824480
A. thaliana	AT2G05070	LHCB2.2	NP_178582.1	NM_126537.4	265	2	2	1799234	1800472
A. thaliana	AT3G27690	LHCB2.3	NP_001325794.1	NM_001338904.1	298	2	3	10255906	10257489
A. thaliana	AT5G54270	LHCB3	NP_200238.1	NM_124807.4	265	3	5	22038165	22039568
A. thaliana	AT5G01530	LHCB4.1	NP_195773.1	NM_120231.4	290	2	5	208866	210548
A. thaliana	AT3G08940	LHCB4.2	NP_187506.1	NM_111728.5	287	2	3	2717557	2718923
A. thaliana	AT2G40100	LHCB4.3	NP_181539.1	NM_129568.3	276	3	2	16745628	16747424
A. thaliana	AT4G10340	LHCB5	NP_192772.1	NM_117102.4	280	6	4	6408007	6409849
A. thaliana	AT1G15820	LHCB6	NP_173034.1	NM_101450.5	258	2	1	5446462	5447880
A. thaliana	AT1G76570	LHCB7	NP_177783.1	NM_106307.3	327	6	1	28728998	28730851
S. lycopersicum	Solyc05g056070.3	SlLHCA1	NP_001234032.2	NM_001247103.2	246	4	5	66309106	66310434
S. lycopersicum	Solyc10g006230.3	SlLHCA2	NP_001296176.1	NM_001309247.1	270	5	10	913432	917016
S. lycopersicum	Solyc10g007690.3	SlLHCA3	NP_001332771.1	NM_001345842.1	273	3	10	1940854	1942818
S. lycopersicum	Solyc03g115900.3	SlLHCA4	NP_001316908.1	NM_001329979.1	287	3	3	66975786	66977028
S. lycopersicum	Solyc07g022900.3	SlLHCA5	XP_004242951.1	XM_004242903.4	262	6	7	23219661	23221300
S. lycopersicum	Solyc12g009200.2	SlLHCA6	XP_004251698.1	XM_004251650.4	260	5	12	2484932	2487786
S. lycopersicum	Solyc03g005770.2	SlLHCB1.1	NP_001316911.1	NM_001329982.1	267	1	3	540964	541913
S. lycopersicum	Solyc02g070935.1	SlLHCB1.2	NP_001316856.1	NM_001329927.1	265	1	2	41093694	41094631
S. lycopersicum	Solyc12g006140.2	SlLHCB2.1	NP_001295874.1	NM_001308945.1	265	2	12	693012	694548
S. lycopersicum	Solyc07g047850.3	SlLHCB2.2	NP_001234739.1	NM_001247810.2	265	2	7	59208462	59209615
S. lycopersicum	Solyc03g005760.1	SlLHCB2.3	NP_001362852.1	NM_001375923.1	267	1	3	538022	539068
S. lycopersicum	Solyc07g063600.3	SlLHCB3	XP_004244187.1	XM_004244139.4	262	3	7	66169562	66171193
S. lycopersicum	Solyc09g014520.3	SlLHCB4.1	XP_004246325.1	XM_004246277.4	285	2	9	6146164	6148033
S. lycopersicum	Solyc06g063360.3	SlLHCB5	NP_001317571.1	NM_001330642.1	286	6	6	40164104	40166066
S. lycopersicum	Solyc01g105040.3	SlLHCB6	NP_001296291.1	NM_001309362.1	256	2	1	93227047	93228143
S. lycopersicum	Solyc04g082930.2	SlLHCB7	XP_004238472.1	XM_004238424.4	318	6	4	66488506	66497506

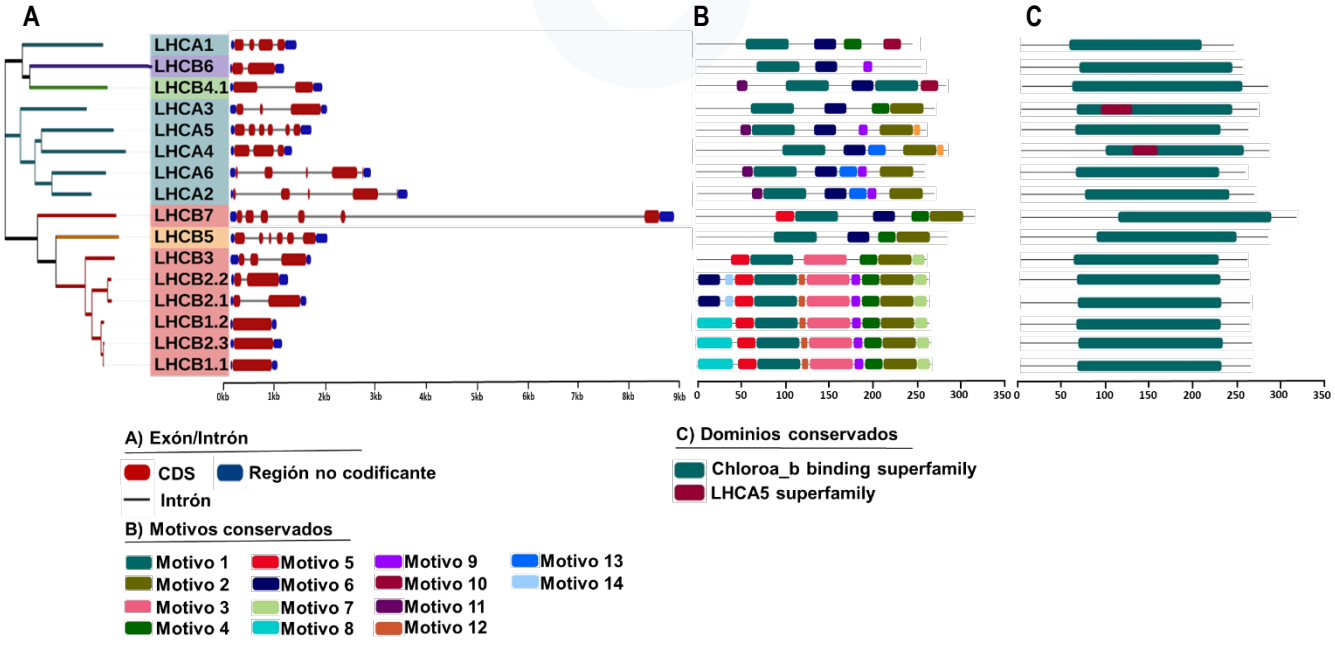


Figura 2. (A). Identificación de exones e intrones de secuencias genómicas de la familia LhcA/B en tomate. **(B)** Motivos proteicos conservados de la familia LhcA/B en tomate. **(C)** Dominios proteicos conservados de la familia LhcA/B en tomate.

Discusión y Conclusiones

El presente trabajo señala que la familia de genes y proteínas LhcA/B y su funcionalidad está conservada en la planta de tomate.

Los resultados de la evaluación *in silico* de los niveles de expresión de la familia LhcA/B revelan su alta sensibilidad a condiciones de estrés hídrico. A través de lo obtenido se evidencia el impacto que el estrés hídrico podría tener sobre la óptima conformación de los fotosistemas, lo cual puede repercutir sobre la capacidad fotosintética, y en la capacidad de los cultivos para resistir condiciones de estrés abiótico.

Por último, estos resultados son un marco de referencia para futuros estudios enfocados a caracterizar la adaptación de este cultivar a condiciones de estrés hídrico.

Referencias bibliográficas

Bag, P., Chukhutsina, V., Zhang, Z., Paul, S., Ivanov, A. G., Shutova, T., Croce, R., Holzwarth, A. R., & Jansson, S. (2020). Direct energy transfer from photosystem II to photosystem I confers winter sustainability in Scots Pine. *Nature Communications*, *11*(1), 6388. https://doi.org/10.1038/s41467-020-20137-9

Chen, L., Yang, W., Liu, S., Meng, Y., Zhu, Z., Liang, R., Cao, K., Xie, Y., & Li, X. (2023). Genome-wide analysis and identification of light-harvesting chlorophyll *a*/b binding (LHC) gene family and BSMV-VIGS silencing *TaLHC86* reduced salt tolerance in wheat. *International Journal of Biological Macromolecules*, *242*, 124930. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124930

Croce, R., & van Amerongen, H. (2013). Light-harvesting in photosystem I. *Photosynthesis Research*, *116*(2-3), 153-166. https://doi.org/10.1007/s11120-013-9838-x

Gao, J., Wang, H., Yuan, Q., & Feng, Y. (2018). Structure and Function of the Photosystem Supercomplexes. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 357. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00357

Green, R. R., & Pichersky, E. (1994). Hypothesis for the evolution of three-helix Chl a/b and Chl a/c light-harvesting antenna proteins from two-helix and four-helix ancestors. *Photosynthesis Research*, *39*(2), 149-162. https://doi.org/10.1007/BF00029382

Klimmek, F., Sjödin, A., Noutsos, C., Leister, D., & Jansson, S. (2006). Abundantly and Rarely Expressed Lhc Protein Genes Exhibit Distinct Regulation Patterns in Plants. *Plant Physiology*, *140*(3), 793-804. https://doi.org/10.1104/pp.105.073304

Lan, Y., Song, Y., Zhao, F., Cao, Y., Luo, D., Qiao, D., Cao, Y., & Xu, H. (2022). Phylogenetic, Structural and Functional Evolution of the LHC Gene Family in Plant Species. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(1), 488. https://doi.org/10.3390/ijms24010488

Makino, A., & Sage, R. F. (2007). Temperature Response of Photosynthesis in Transgenic Rice Transformed with 'Sense' or 'Antisense' rbcS. *Plant and Cell Physiology*, *48*(10), 1472-1483. https://doi.org/10.1093/pcp/pcm118

Nelson, N., & Yocum, C. F. (2006). Structure and function of photosystems i and ii. *Annual Review of Plant Biology*, *57*(1), 521-565. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105350

Pietrzykowska, M., Suorsa, M., Semchonok, D. A., Tikkanen, M., Boekema, E. J., Aro, E.-M., & Jansson, S. (2014). The Light-Harvesting Chlorophyll a/b Binding Proteins Lhcb1 and Lhcb2 Play Complementary Roles during State Transitions in Arabidopsis. *The Plant Cell*, *26*(9), 3646-3660. https://doi.org/10.1105/tpc.114.127373

Shimizu, R., Dempo, Y., Nakayama, Y., Nakamura, S., Bamba, T., Fukusaki, E., & Fukui, T. (2015). New Insight into the Role of the Calvin Cycle: Reutilization of CO2 Emitted through Sugar Degradation. *Scientific Reports*, *5*(1), 11617. https://doi.org/10.1038/srep11617

van Amerongen, H., & Croce, R. (2013). Light harvesting in photosystem II. *Photosynthesis Research*, *116*(2-3), 251-263. https://doi.org/10.1007/s11120-013-9824-3

Zou, Z., & Yang, J. (2019). Genomics analysis of the light-harvesting chlorophyll *a*/b-binding (Lhc) superfamily in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Gene*, *702*, 171-181. https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.03.071

Alimentos funcionales que favorecen el desarrollo digestivo de lechones.

Gerardo Ruiz Mendiola[1]; Tércia Césaria Reis de Souza[1]; Teresita de Jesús Hijuitl Valeriano[1]; Samantha Bautista Marín[1]; Gerardo Mariscal Landín[2]

Ing.gerardoruiz@outlook.com

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, 76230, Querétaro.

[2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, 76280, Querétaro.

Resumen

En lechones, una alimentación inicial que aporte defensas y nutrimentos es esencial para que el neonato logre llegar al destete de forma optima. Por lo tanto, son necesarias estrategias nutricionales para facilitar la transición a una dieta sólida. Estudios previos han podido comprobar que el uso de forma individual de concentrado de proteína de papa (CPP), así como de *Saccharomyces boulardii* en dietas para lechones destetados promueve el desarrollo del aparato digestivo. El estudio se realizó con 60 lechones provenientes de 6 camadas, que se distribuyeron entre dos tratamientos: DB y CPP-Sb. Los animales empezaron a consumir alimento sólido a partir del día 7 hasta el 21 de vida. A los días 0, 7, 14 y 21 de vida se pesaron y se eutanasiaron 6 lechones, se extrajeron y se calcularon los pesos absolutos y relativos sin contenido de algunos órganos digestivos, así como la medición de pH de los contenidos. Los resultados arrojaron que la dieta no afectó ($P>0.05$) el peso de los lechones, los pesos absolutos de los órganos digestivos, la longitud del intestino delgado y grueso ni el pH de los contenidos de estómago y yeyuno. El efecto del día fue evidente para el peso de los lechones y los pesos absolutos de todos los órganos digestivos, que incrementaron con el tiempo. La dieta consumida tuvo poco efecto sobre el desarrollo de órganos digestivos, sin embargo; el páncreas, contenidos de ciego y colon fueron afectados positivamente por la dieta adicionada con los alimentos funcionales.

Palabras clave: lechón lactante, destete, estrategias nutricionales, concentrado de proteína de papa, *Saccharomyces boulardii*, eutanasia.

Abstract

In piglets, initial feeding that provides defenses and nutrients is essential for the neonate to reach weaning optimally. Therefore, nutritional strategies are necessary to facilitate the transition to a solid diet. Previous studies have shown that the individual use of potato protein concentrate (PPC) and *Saccharomyces boulardii* in diets for weaned piglets promotes the development of the digestive system. The study was conducted with 60 piglets from six litters, which were distributed into two treatments: control diet (CD) and PPC-Sb. The animals began consuming solid food from day 7 to day 21 of life. On days 0, 7, 14, and 21, six piglets were weighed and euthanized, and the

absolute and relative weights of certain digestive organs were measured, along with the pH of the contents. The results showed that the diet did not affect (P>0.05) the weight of the piglets, the absolute weights of the digestive organs, the length of the small and large intestines, or the pH of the stomach and jejunal contents. The effect of time was evident for the weight of the piglets and the absolute weights of all digestive organs, which increased over time. The diet consumed had little effect on the development of digestive organs; however, the pancreas, cecal contents, and colon were positively affected by the diet supplemented with functional foods.

Keywords: suckling piglet, weaning, nutritional strategies, potato protein concentrate, *Saccharomyces boulardii*, euthanasia.

Introducción.

El lechón es la base de la producción porcícola, por lo tanto, una alimentación inicial que aporte simultáneamente defensas y nutrimentos es esencial para que el neonato logre llegar al destete con un peso satisfactorio. Sin embargo, el cambio de alimentación al destete hace que este sea uno de los períodos más críticos en la vida del lechón, causando problemas en su desarrollo. Así que es necesario contar con estrategias nutricionales durante la lactancia, de modo que facilite la transición a la alimentación solida posdestete. Estudios previos han podido comprobar que el uso de forma individual de concentrado de proteína de papa (CPP) (Parra Alarcon et al., 2022), así como de *Saccharomyces boulardii* (Lukaszewicz, 2012) en dietas para lechones destetados promueve el desarrollo del aparato digestivo. Para proponer esta investigación surgió una pregunta: ¿Puede una dieta con base en CPP y *Saccharomyces boular*dii suministrada a lechones lactantes durante las primeras tres semanas de vida, mejorar algunas características fisiológicas del aparato digestivo y su desarrollo productivo?

Por lo tanto, se planteó como objetivo general evaluar durante la lactancia, el desarrollo de algunos aspectos de la función digestiva y corporal de lechones alimentados con una dieta preiniciadora a base de proteína de papa y *Saccharomyces boulardii*, además de evaluar el desarrollo del aparato digestivo, así como la integridad de las vellosidades y criptas de duodeno, yeyuno, íleon y colon y evaluar la ganancia diaria de peso a los 7, 14 y 21 días de lactancia como objetivos específicos.

Metodología.

El experimento se realizó en la Unidad de Producción Porcina (UPP-UAQ) de la Universidad Autónoma de Querétaro, con 60 lechones lactantes con un peso promedio de 1.4 kg al nacimiento, provenientes de seis camadas, que se distribuyeron entre dos tratamientos: 1. Dieta base (DB); 2. Dieta en la que se adicionó CPP y *Saccharomyces boulardii* (CPP-Sb). Las dietas fueron formuladas con base en los

requerimientos nutricionales específicos para la especie y etapa productiva (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dietas experimentales.

Exp. 0124	DB	CPP-SB
Ingredientes	%	%
Maíz Blanco	32.2	32.69
Avena Decorticada	4.00	4.00
Arroz quebrado	20.32	20.91
Soya pasta 45.5	12.00	12.00
Aislado de soya	0.78	-
Concentrado de soya	6.00	-
Proteína de Papa	-	6.00
S. boulardii	-	0.10
Sangre, hemoglobina	1.50	1.54
Pescado, Menhaden	3.00	3.00
Suero de Leche Dulce	16.46	16.46
Maíz, Aceite	0.79	0.45
Sal Común	0.60	0.60
Otros*	2.35	2.25
Total	100	100
*Premezcla de vitaminas y minerales, carbonato de calcio y aminoácidos.		

A las dietas se les determinó la cantidad de materia seca por secado a 100°C y de proteína cruda de acuerdo con el método de Kjeldahl (AOAC, 2002) y la energía bruta por calorimetría (Bateman, 1970).

Del día 7 al 21 los animales consumieron las dietas. En los días 0, 7, 14 y 21 días de vida se pesaron y eutanasiaron seis lechones (2 lechones/día/camada/dieta) (Figura 1). Se extrajeron y se calcularon los pesos absolutos y relativos en g/Kg de peso vivo (PV) sin contenido de estómago (EST), intestino delgado (ID), e intestino grueso (IG), hígado (HIG) y páncreas (PAN). Se midió el pH de los contenidos de estómago (EST), yeyuno (YEY), ciego (CIEG) y colon (CO).

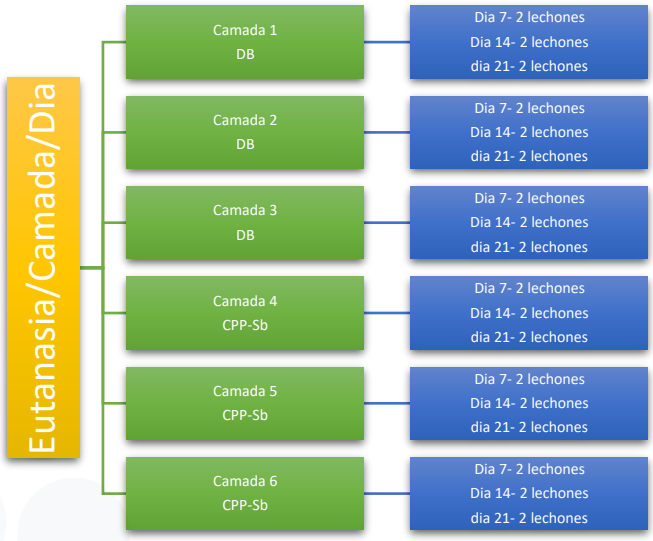


Figura 1. Esquema de eutanasias.

Resultados.

Los resultados arrojaron que la dieta no afectó (P>0.05) el peso de los lechones (Figura 2),

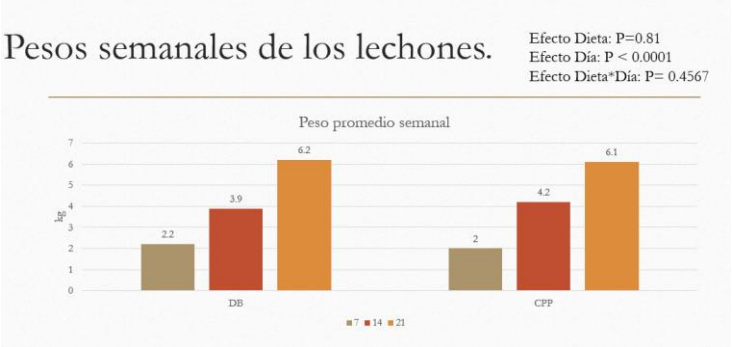


Figura 2. Peso promedio de lechones.

los pesos absolutos de los órganos digestivos, la longitud del ID e IG, ni el pH de los contenidos de EST y YEY. En cuanto al peso relativo, únicamente en PAN (Figura 3) tuvo una tendencia a ser mayor (P=0.069) en los animales de CPP-Sb que en los de

DB (1.5, 1.3 g/kg PV).

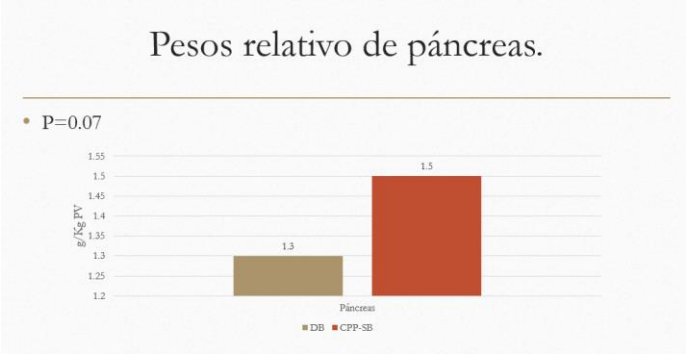


Figura 3. Peso relativo de páncreas.

El pH del contenido de CIEG fue menos ácido (P<0.05) en los animales de CPP-Sb que en los de DB (6.33, 6.09); en el contenido de CO se observó una tendencia (P=0.069) en este mismo sentido (6.47, 6.25). El efecto del día fue evidente (P<0.0001) para el peso de los lechones (2.07a, 4.02b y 6.16c g/Kg para los días 7, 14 y 21, respectivamente) y los pesos absolutos de todos los órganos digestivos, los cuales incrementaron con el paso del tiempo. Sin embargo, los pesos relativos de EST e ID en los días 7, 14, y 21 permanecieron similares (P>0.05) (5.4, 5.3, 5.3 y 29.3, 29.9, 31.9 g/Kg de PV, respectivamente). Los pesos relativos de HIG y PAN disminuyeron (P<0.01) en esos días (HIG 31.8a, 28.3b, 26.5c g/Kg; PAN 1.6a, 1.3b, 1.3b g/kg, respectivamente); por otra parte, el IG incrementó su peso relativo (7.1b, 8.8b, 9.4a g/Kg) en el mismo periodo. La longitud del ID incrementó (P>0.0001) durante los días del estudio (444, 673, 820 cm), lo mismo se observó para el IG (79, 124, 145 cm).

Discusión.

El bajo consumo de alimento de los lechones en todos los grupos experimentales; 36.6 g diarios en la primer semana y 69.3 g diarios en la segunda semana, es probablemente un factor por el cual no hubo un efecto determinante de los alimentos funcionales, esto debido a que el propio consumo de alimento estimuló de manera equitativa el desarrollo de los animales porque ambos consumieron dieta sólida, si se hubiese tenido un grupo que no consumiera alimento sólido, únicamente la dieta líquida, probablemente se podría ver un mayor contraste entre los grupos experimentales. De igual forma el consumo de leche *ad libitum* de los grupos tratados, podría estar asociado al bajo consumo del alimento. Por otra parte, la tendencia del peso relativo mayor en páncreas del grupo CPP-Sb nos puede indicar que los lechones que consumieron esa dieta llegan a la etapa de destete con un páncreas más desarrollado y, por ende, con una mayor capacidad de digerir la dieta post destete.

Los resultados de esta investigación contrastan con lo publicado por Haiqing et al. (2021), quienes reportan que en una dieta adicionada con SB y suministrada a lechones de 7 días de vida, tuvo efecto positivo en el peso de los lechones tratados al final del destete.

Conclusión.

Se concluye que la dieta consumida tuvo poco impacto en el desarrollo de los órganos digestivos, sin embargo; el páncreas y los contenidos de ciego y colon fueron afectados positivamente por la dieta adicionada con los alimentos funcionales.

Referencias bibliográficas.

AOAC. 2002. Official Methods of Analysis (17th Edition.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Bateman, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Herrero Hnos., Sucesores, S.A. México. 269-280.

Łukaszewicz, M. 2012. Saccharomyces cerevisiae var. boulardii–Probiotic Yeast. In Probiotics. (ed. EC Rigobelo) IntechOpen, London, United Kingdom.

Parra Alarcón, E.A., Hijuitl Valeriano, T.J., Mariscal Landín, G.M., Reis de Souza, T.C. 2022. Concentrado de proteína de papa: una posible alternativa al uso de antibióticos en las dietas para lechones destetados. Revisión. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 13(2):510-524.

Sun, H., Laguna, F. B. de, Wang, S., Liu, F., Shi, L., Jiang, H., … Tan, J. (2022, January). Effect of Saccharomyces cerevisiae boulardii on sows' farrowing duration and reproductive performance, and weanling piglets' performance and IgG concentration. Journal of Animal Science and Technology. Korean Society of Animal Science and Technology. https://doi.org/10.5187/jast.2021.e106.

Evaluación de bioestrategia para el manejo postcosecha del tomate

Mendoza Jiménez Daniel[1], Reyes Pool Héctor Paul[2], Abraham Juárez María del Rosario[3], Esquivel Naranjo Ulises[1] Landeros Jaime Fidel[1] y Cervantes Chávez José Antonio[1]. [1]Laboratorio de Biología Molecular de Microorganismos Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto. [2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto. [3]Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Irapuato, Gto.
Dmendoza21@alumnos.uaq.mx,
jose.antonio.cervantes@uaq.mx

Resumen

Esta investigación evalúa una estrategia biológica para la gestión postcosecha del tomate. Las pérdidas postcosecha de tomate son significativas, estimadas en un 20-50% en los países en desarrollo debido a problemas como una infraestructura inadecuada. En México, en 2023, se perdieron aproximadamente 600.000 toneladas de tomate por problemas de postcosecha. El estudio se centra en el uso de microorganismos beneficiosos (PGPR) como *Pantoea antophila* y *Pseudomonas mediterranea* para controlar la pudrición blanda ocasionada por *Rhizopus arrhizus* y *Botryosphaeria rhodian* causando grandes pérdidas económicas en la postcosecha. Se demostró que las PGPR inhiben el crecimiento fúngico tanto individualmente como en consorcio. El estudio también examinó la producción de exopolisacáridos (EPS) así como metabolitos secundarios por parte de las PGPR y su efecto protector sobre los tomates cuando se aplican como extracto libre de células (ELC). El ELC demostró una protección significativa contra la pudrición blanda, incluso a una concentración del 50%, ofreciendo una alternativa potencialmente sostenible y eficaz a los tratamientos químicos.

Palabras clave: Postcosecha, protección, PGPR, tomate.

Abstract

This research evaluates a biological strategy for tomato postharvest management. Postharvest losses of tomato are significant, estimated at 20-50% in developing countries due to problems such as inadequate infrastructure. In Mexico, in 2023, approximately 600,000 tons of tomatoes were lost due to postharvest problems. The study focuses on the use of beneficial microorganisms (PGPR) such as *Pantoea antophila* and *Pseudomonas mediterranea* to control soft rot caused by *Rhizopus arrhizus* and *Botryosphaeria rhodian* causing large economic losses in postharvest. PGPR were shown to inhibit fungal growth both individually and in consortium. The study also examined the production of exopolysaccharides (EPS) as well as secondary metabolites by PGPR and their protective effect on tomatoes when applied as cell-free extract (CFE). ELC demonstrated significant protection against soft rot, even at 50% concentration, offering a potentially sustainable and effective alternative to chemical treatments.

Key words: Postharvest, protection, PGPR, tomato.

Introducción

Actualmente a nivel mundial se estima que, de la producción de alimentos se pierde alrededor del 14 % y se desperdicia el 17 % de esa producción total, esto origina un déficit para suplir las necesidades alimenticias de una población que actualmente está cerca de 811 millones de personas, muchas de ellas padeciendo hambre extrema (FAO, 2023).

El centro de investigación del mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT) estipuló en el 2023 que la pérdida y desperdicio de alimentos es un fenómeno complejo que implica el desaprovechamiento de todos los recursos —agua, tierra, energía, mano de obra y capital— utilizados para su producción. Esto hace urgente la difusión y adopción de medidas y prácticas que permitan reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos (CIMMYT, 2023).

El manejo postcosecha es una acción clave para reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos, ya que un

manejo deficiente en esta etapa pone en riesgo la producción y la calidad de la cosecha que durante meses el agricultor cuido en campo, invirtiendo tiempo y recursos. Las pérdidas postcosecha en México se estiman en alrededor de 25 % en promedio.

Las frutas y hortalizas frescas se les conoce en el mercado como productos perecibles debido a que tienen una predisposición inherente a deteriorarse por daños físicos (daños estructurales), químicos (contaminación con productos tóxicos) y biológicos (plagas y enfermedades). Las pérdidas postcosecha suceden en cualquier etapa del proceso de mercadeo, inician durante la cosecha, después durante el acopio, distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto. En los países en desarrollo en donde existe una gran deficiencia en la infraestructura de mercadeo, las pérdidas postcosecha de productos frescos varían entre 20 a 50% de la producción. Las pérdidas de esta magnitud representan un decaimiento significativo de alimentos y un considerable daño económico para los comerciantes y especialmente a los productores.

En 2023 se cultivó en México 48 mil 42 hectáreas, sin embargo, se obtuvo una producción de 3 millones 324 mil toneladas, 1.4% menos respecto del año anterior. Querétaro es el undécimo productor de tomate rojo en México; su producción le permite dominar el arancel de 17.5% (Agroalimentario, 2023.). Se estimó una pérdida de aproximadamente el 20% el cual corresponde con 600,000 toneladas de tomate que podrían haberse perdido debido a problemas de manejo postcosecha, almacenamiento y distribución. Estas pérdidas pueden tener un impacto significativo en los ingresos de los productores y en la oferta disponible para exportación y consumo interno. Mejorar las técnicas de manejo postcosecha y la infraestructura podría ayudar a reducir estas pérdidas en el futuro.

Las enfermedades que afectan al tomate luego de ser cosechadas son una fuente importante de pérdidas, tanto en la cantidad como en la calidad. Una de las enfermedades más comunes presentes en el periodo de postcosecha es: la pudrición del moho gris causada por el hongo *Botryosphaeria rhodina* y *Botrytis cinerea,* y la pudrición por *Rhizopus* causada por el hongo *Rhizopus arrhizus.* Es de importancia saber que la contaminación del tomate por cualquier organismo causal de una enfermedad puede ocurrir en el campo, antes o durante la cosecha, o en cualquier momento de su manejo posterior. En algunos casos estos organismos se adhieren a la superficie, pero no logra desarrollarse hasta encontrar las condiciones medioambientales favorables. De igual manera existen aquellos microorganismos que tienen la capacidad de destruir el tejido para penetrar la fruta y otros que necesitan de aperturas naturales para poder generar la infección.

Es por ello por lo que se está buscando una alternativa ecológica para poder contrarrestar el uso de compuestos químicos en este ámbito, se ha encontrado que el uso de microorganismos beneficiosos para el control biológico de enfermedades y plagas en los cultivos se ha convertido en una alternativa viable para contrarrestar el este problema. Se sugiere usar control biológico contra hongos y bacterias fitopatógenas, empleando organismos benéficos como lo son las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), entre estas encontramos como lo son *Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis, Pantoea*. Las PGPR son un grupo muy importante de microorganismos, que colonizan principalmente las raíces de las plantas y su importancia se debe principalmente a su capacidad para promover su crecimiento dado que presentan varias actividades metabólicas como son: solubilización de fosfatos y potasio, producción de ácido indol acético, fijación de nitrógeno, como agentes de bio-control: producción de sideróforos, ácido cianhídrico, compuestos volátiles (VOCs), enzimas líticas: quitinasas y glucanasas. El uso en conjunto de varias PGPR (consorcio) posee un mayor efecto en la promoción del crecimiento, tanto en la defensa en la planta contra agentes fitopatógenos, como en la promoción del crecimiento.

En el presente se trabajo se busca establecer una estrategia biológica para contrarrestar las perdidas que se tienen por la pudrición blanda ocasionada por *R. arrhizus* y *B. rhodian* en el fruto del tomate, para ello se plantea evaluar el extracto libre de células (ELC) proveniente de un consorcio de PGPR formado por *Pantoea antophila* y *Pseudomonas mediterranea*.

Sin embargo, primero se debe de conocer la capacidad que tiene el consorcio de inhibir de manera *in vitro* el crecimiento de *R. arrhizus* y *B. rhodian.* Una vez que se conoce la capacidad antagonista del consorcio se debe de establecer un método de obtención del extracto libre de células, después realizar las pruebas en fruto de tomate retando la capacidad del ELC de inhibir el desarrollo de la pudrición blanda.

Metodología

Obtención de las PGPR

Se realizó un muestreo en un huerto de fresa con manejo orgánico en la localidad de La Calera en el municipio de Irapuato, Guanajuato en el 2015. De la zona de la rizósfera se procedió a realizar el aislamiento de bacterias, las cuales se conservaron a -80 °C en el ultra congelador hasta posteriores experimentos. De esta colección se utilizaron las bacterias *P. antophila* y *P. mediterranea* (Mendoza Jiménez 2022)

Aislamiento de hongos postcosecha

Se realizó el aislamiento de los hongos de una muestra de tomate que se encontraba en un estado de pudrición. De la zona de la infectada se procedió a tomar muestras y colocarlas en placas de PDA que contenían kanamicina (50 mg/mL). Una vez obtenido los hongos purificados se conservaron a -80 °C en el ultra congelador hasta posteriores experimentos.

Identificación molecular de los hongos postcosecha

Se realizó la extracción de DNA de las muestras de hongos por el método de fenol-cloroformo, se amplificó la región ITS (Internal Transcribed Spacer) (1500 pb). El fragmento amplificado se procesó para ser secuenciado por el método de Sanger en Langebio, Cinvestav-Irapuato. Finalmente, con análisis bioinformático se determinó la identidad del hongo (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/, https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi)

Cinética de crecimiento de las PGPR

Se creció a las bacterias *P. antophila* y *P. mediterranea* de manera individual en caldo nutritivo por 24 h con agitación constante (150 rpm). Se preparó un volumen de 12 mL para cada una de las PGPR ajustada a una DO_{600} de 0.05. Se incubó a 28 °C por 96 h con agitación constante. Se leyó su DO_{600} a las 0, 12, 24, 36, 48, 72, 96 horas. Para ello se tomó 1 mL de cada una se las muestras, se colocó en un tubo plástico de 1. 5 mL, y se leyó la DO_{600} de cada muestra en celdas de plástico. El proceso se realizó por triplicado para cada muestra. Una vez obtenidos los datos se procedió a realizar el análisis de varianza usando el programa estadístico Minitab18.

Establecimiento de consorcio bacteriano

Una vez determinada la capacidad para formar consorcios bacterianos (interacciones compatibles), cada una de las PGPR se creció independientemente en caldo nutritivo a 28 °C por 24 h con agitación constante (150 rpm), posteriormente se ajustó su DO_{600} a 1.0. A continuación se mezcló en proporción 1:1 cada una de las bacterias (Gefen et al., 2017).

Prueba de antagonismo en contra de *R. arrhizus* y *B. rhodian.*

En una placa de agar papa dextrsosa (PDA) recubierta con un disco de celofán estéril se inocularon 160 µL del consorcio, con un hisopo estéril se estrió por toda la superficie de la placa, se incubó por 96 h a 28 °C. Posteriormente, se retiró el disco de celofán, al centro de la placa se colocó un disco de micelio de 1 cm^2 de cada hongo de manera independiente. Las placas se incubaron

a 28 °C por 5 días, pasado el tiempo de incubación se comparó el diámetro de la colonia del tratamiento contra el control la cual se colocó en una caja de PDA fresco. El experimento se realizó por triplicado. Los datos obtenidos para cada uno de los ensayos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p<0.0001$) (Slama et al., 2019).

Producción de exopolisacáridos

Para determinar la capacidad de producción de exopolisacáridos por parte de las PGPR, se utilizó el medio YEM (extracto de levadura 1 gL^{-1}, manitol 10 gL^{-1}, fosfato de potasio 0.5 gL^{-1}, sulfato de magnesio 0.2 gL^{-1}, cloruro de sodio 0.1 gL^{-1}, se ajustó el pH7 (Aeron et al., 2021). Se creció a las PGPR en caldo nutritivo a 28 °C durante 24 h con agitación constante, se ajustó su DO_{600} a 1.0. Se inocularon 25 mL de medio YEM, con 500 µL del consorcio se incluyó un control negativo *Escherichia coli*, (Top10) preparado de igual manera. Se incubó a 28 °C por 5 días a 150 rpm. Pasado el tiempo de incubación se centrifugó cada cultivo a 8000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se dispuso en un matraz Erlenmeyer de 125 mL estéril al cual se le adicionaron 40 mL de acetona previamente enfriada por 24 h a 4 °C. La muestra se colocó en refrigeración (4 °C) durante 6 días, enseguida se procedió a filtrar usando tela Magitel (mantenida peso constante), la muestra se secó a peso constante, por diferencia de peso se determinó el peso en mg de polisacárido precipitado. Cada tratamiento se realizó por triplicado para realizar el análisis estadístico con la separación de medias (Upadhyay et al., 2017).

Obtención del extracto libre de células (ELC) del consorcio de *P. antophila* y *P. mediterranea.*

Se tomaron 160 µL del consorcio, y se inocularon en 50 mL de caldo papa dextrosa (PDB), se incubó a 28 °C por 96 h con agitación constante (150 rpm). Enseguida, en condiciones de esterilidad el cultivo se centrifugó a 5,000 rpm por 10 min en la ultracentrífuga Thermo SCIENTIFIC. Se recuperó el sobrenadante en un tubo cónico de 50 mL al cual se le adicionaron 10 µL de ampicilina (100 µg/mL) (Borrajo et al., 2022).

Efecto protector del ELC en tomate contra de *R. arrhizus* y *B. rhodian.*

Se utilizaron tomates Saladet obtenidos de un centro comercial. Se sanitizaron con una solución de hipoclorito de sodio al 2% por 10 minutos, se aplicó un tratamiento con alcohol al 70%. En la campana de flujo laminar se colocaron 3 tomates en contenedores estériles de 1 L, a los cuales se les adicionó el ELC previamente obtenido de tal manera que los tomates estuvieran sumergidos en el ELC, como tratamiento comercial se utilizó una solución de benzoato de sodio al 5%. Los tomates completamente cubiertos por el ELC estuvieron contacto por una hora. Pasado el tiempo se colocaron sobre papel adsorbente hasta que se secaron. Una vez secos se procedió a la inoculación del hongo, se realizaron 3 aplicaciones de manera equidistante alrededor del tomate, cada una con 2500 esporas de los hongos *R. arrhizus* y *B. rhodian* respectivamente. Finalmente se colocaron en un recipiente cerrado y se incubaron por 96 horas a 28 °C. Cada tratamiento se realizó por triplicado, los datos obtenidos se analizaron con la separación de medias (Upadhyay et al., 2017).

Resultados y Discusión

Obtención de las PGPR

El aislamiento de las PGPR se realizó en un huerto orgánico de fresa ubicado en la localidad de La Calera en el municipio de Irapuato, Guanajuato en el 2015. En estudios previos se determinó que las bacterias *Pantoea antophila* y *Pseudomonas mediterranea* obtenidas de un cultivo orgánico de fresa, poseen la capacidad de antagonizar el crecimiento de diversas especies de *Fusarium* sp alrededor de un 80%, además, estas bacterias forman un consorcio, en esta condición son capaces de inhibir hasta en un 90% el crecimiento del mismo agente fitopatógeno, adicionalmente se estudió su

capacidad de promover el crecimiento en plántulas de tomate y chile (Mendoza, 2021).

Cinética de crecimiento de las PGPR

La curva de crecimiento de las PGPR puede variar según la especie y las condiciones específicas de cultivo, pero en términos generales, su estudio es concluyente para entender cómo estas bacterias pueden llegar a producir metabolitos secundarios para otorgar protección a las plantas en presencia de un ataque por algún agente fitopatógeno. La cinética de crecimiento comenzó ajustando ambas PGPR a una DO inicial de 0.05, la cinética realizada nos muestra que la fase exponencial termina alrededor de las 48 h de crecimiento (Fig. 1), entrando enseguida a lo que es la fase de estacionaria siendo esta etapa en donde se producen la mayor cantidad de metabolitos secundarios que van a ser útiles para la protección de la planta al verse atacada por algún agente fitopatógeno y que además tienen influencia en el desarrollo de la planta (Khoso et al., 2024).

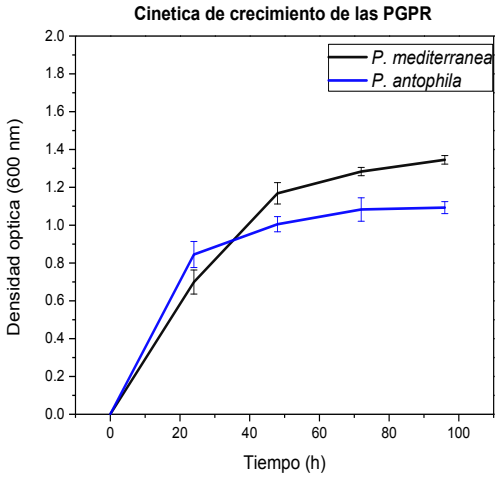


Figura 1. Cinética de crecimiento en caldo nutritivo de las PGPR. Las PGPR se ajustaron a una $DO_{inicial}$=0.05, se incubaron durante 96 h a 28 °C/150 rpm. Se tomó muestra a lectura cada 24 h, se midió el valor de DO_{600}.

Prueba de antagonismo en contra de *R. arrhizus* y *B. rhodian.*

Los mecanismos para el biocontrol de los patógenos involucran: la competencia por los nutrientes, la inducción de la resistencia del huésped y la producción de compuestos volátiles (COVs), enzimas líticas de: quitina, almidón, celulosa y glucanos, en su conjunto todos éstos generan efecto antifúngico.

La combinación de agentes de biocontrol compatibles entre sí es un enfoque estratégico para controlar enfermedades de las plantas. La prueba de antagonismo efectuada por el método de antibiosis la cual se basa en todo aquello que la bacteria secreta al medio de cultivo en donde se desarrolló (metabolitos secundarios, enzimas, proteínas, etc.), mostró una irrupción del desarrollo tanto de *R. arrhizus,* como de *B. rhodian*, principales agentes causales de la pudrición blanda del tomate en el periodo de postcosecha en tomate. El consorcio formado por *P. antophila* y *P. mediterranea* inhibió el desarrollo de *R. arrhizus* (Fig. 1) donde se observó la falta de crecimiento micelial y sobre todo la producción de esporas como método de reproducción. A su vez este consorcio también fue capaz de inhibir casi por completo el desarrollo de *B. rhodian* (Fig. 2) logrando apreciar solamente un ligero crecimiento micelial con respecto al control. Ambos agentes fitopatógenos sufrieron efectos en su desarrollo, lo que indica que los compuestos presentes en el medio de cultivo son capaces de afectarlos severamente, dando indicios de poder aplicar este tipo de compuestos como forma de protección al tomate en el departamento de la postcosecha evitando así pérdidas económicas mayores.

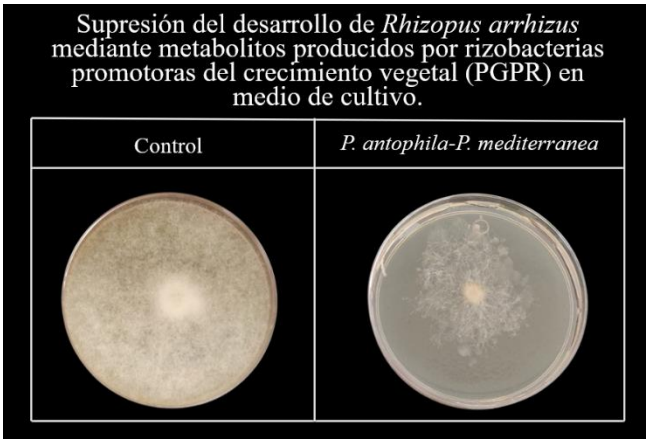


Figura 2. Antagonismo por producción de metabolitos bacterianos difusibles al medio de cultivo producidos por el consorcio formado por *P. antophila* y *P. mediterranea* en contra *R. arrhizus*

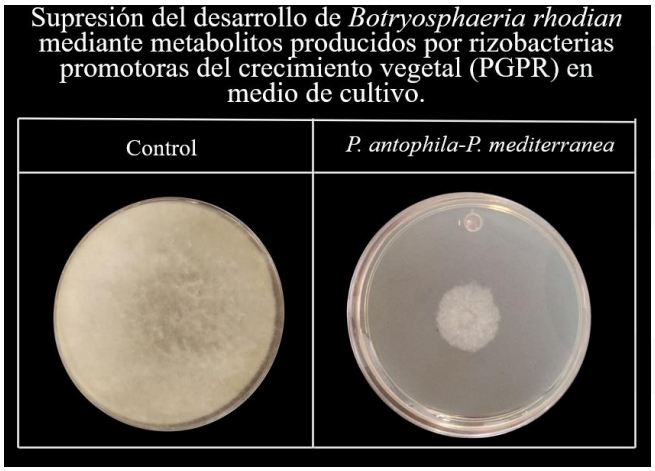


Figura 3. Antagonismo por producción de metabolitos bacterianos difusibles al medio de cultivo producidos por el consorcio formado por *P. antophila* y *P. mediterranea* en contra *B. rhodian*.

Producción de exopolisacáridos

La producción de exopolisacáridos (EPS) por las PGPR tiene correlación con la su capacidad para llevar a cabo la colonización en la planta, la producción de estos polisacáridos tiene una ventaja selectiva otorgando a las bacterias asociadas a la zona radicular mayor virtud en el proceso de nodulación, colonización endofítica y supervivencia. A este tipo de exopolisacáridos se unen cationes como lo es el Na^+ disminuyendo su concentración en el suelo evitando que las plantas enfrenten estrés salino, permitiendo a las plantas sobrellevar el efecto negativo de los factores abióticos presentes en la rizosfera (Aeron et al., 2021). Se ha estudiado el género *Pseudomonas* sp. debido a su gran capacidad de secretar los tres tipos principales exopolisacáridos de mayor importancia como lo son: el Psl rico en galactosa y manosa, que contribuye principalmente a la adhesión inicial y a la formación de biofilms maduros, el Pel polímero similar a la celulosa necesario para la formación de película y el ácido α-L-glucurónico, en conjunto estos EPS son los principales componentes de los biofilms bacterianos (Upadhyay et al., 2017). El hecho de que el consorcio sea capaz de producir este tipo de exopolisacáridos ayuda a poder establecer una solución en contra de las enfermedades postcosecha, debido a que puede usarse como una cubierta protectora en contra la presencia de este tipo de agentes causales.

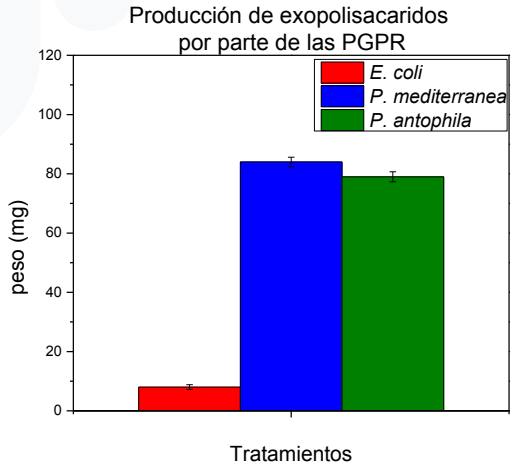


Figura 4. Producción de exopolisacáridos (EPS). El EPS sintetizado por las bacterias en medio YEM se precipitó con acetona fría. Como control negativo se incluyó a *E. coli*. El experimento se realizó por triplicado. Datos analizados por el método de Dunnet, confianza de 95%. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Efecto protector del ELC en tomate contra de *R. arrhizus* y *B. rhodian*

El tomate se ve afectado por varios fitopatógenos en la etapa de postcosecha, entre ellos *R. arrhizus* y *B. rhodian* principales agentes causales de la podredumbre blanda. Para controlar esta enfermedad se utilizan fungicidas que dañan el medio ambiente y afectan a la salud humana, por tal razón se fomenta la búsqueda de alternativas seguras, entre las que se encuentran las cubiertas bioprotectoras.

Una vez establecido el método para la obtención del extracto libre de células, se aplicó un tratamiento del ELC, su efectividad se comparó contra el benzoato de sodio, el cual es un agente protector químico y el tratamiento control. Los frutos de tomate inoculados tanto con *R. arrhizus* y *B. rhodian* tratados solamente con agua (control) mostraron una infección acelerada, detectándose signos de pudrición a las 48 h de la inoculación (Fig. 5 y 7). Finalmente, a las 96 h el control presentó un 100% de infección, observándose un ablandamiento acelerado de los frutos, evidencia del avance del proceso de maduración.

El tratamiento comercial demostró una protección muy ligera, debido a que las 48 horas apenas comenzaba el proceso a presentar síntomas de deterioro, sin embargo, pasada las 96 horas ya mostraba una pudrición por completo.

Por otro lado, los frutos tratados con el ELC presentaron protección casi por completo con respecto al tratamiento control. La eficacia del tratamiento es debida a la presencia de las diversas moléculas presentes en la secreción de compuestos por parte del consorcio al medio de cultivo. y éstos posee la capacidad de inhibir la infección en el fruto, a su vez la presencia de los exopolisacáridos otorga que este tipo de compuestos puedan adherirse de manera natural al exocarpo (zona superficial del fruto) entrando en contacto directamente al momento de realizar la infección(Chavez-Diaz et al., 2019). El biocontrol puede entenderse como un proceso dinámico en el que las interacciones entre fruto-patógeno-antagonista desempeñan un papel decisivo para preservar la integridad del sistema. Se ha investigado que los oligopéptidos, surfactantes y sideróforos producidos por algunas cepas bacterianas son capaces de actuar como moléculas inductoras que incrementan la actividad de enzimas, tales como *fenilalanina amonio-liasa*, *polifenol oxidasa* y *superóxido dismutasa*, las cuales están relacionadas con los mecanismos de defensa del fruto; así como catalasa y peroxidasa que actúan como agentes desintoxicantes postcosecha en el fruto (Chavez-Diaz et al., 2019; Coronado-partida & Serrano, 2021; El-Tarabily, 2008).

En la búsqueda de reducir el coste de producción del ELC, éste se diluyó al 50% y se probó su efectividad como anteriormente se indicó. contra de *R. arrhizus* y *B. rhodian* (Fig. 6 y 8). Este tratamiento resultó ser igual de efectivo que el anterior, cabe mencionar que posterior a 96 h el fruto comienza a exhibir síntomas primarios de la pudrición blanda, sin embargo, su vida útil del tomate aún sigue siendo aceptable con respectos a los tratamientos control los cuales se encuentran en un estado por completo de pudrición.



Figura 5. Proceso de infección evaluado cada 24 h durante 96 h provocada por *R. arrhizus*.

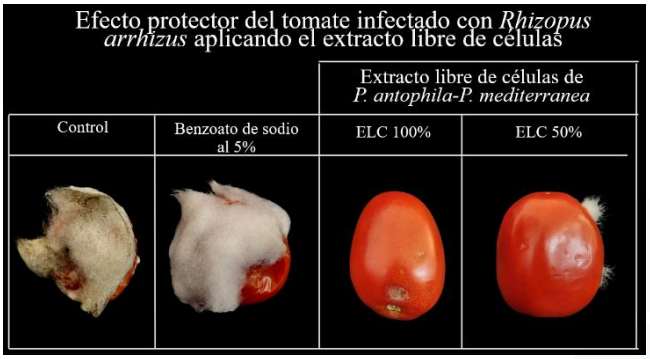


Figura 6. Comparación del efecto protector del ELC concentrado y uno diluido al 50% en contra de *R. arrhizus* en el fruto de tomate.

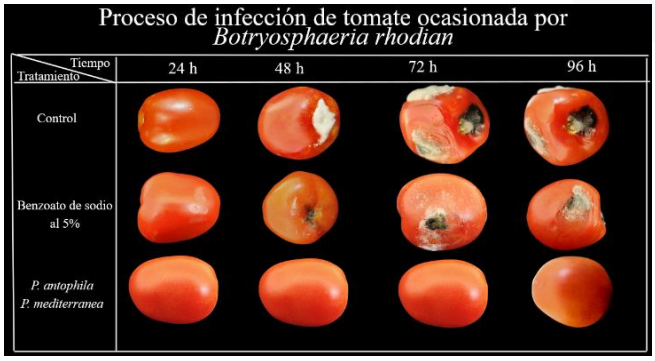


Figura 7. Proceso de infección evaluado cada 24 h durante 96 h provocada por *B. rhodian* en el fruto del tomate.

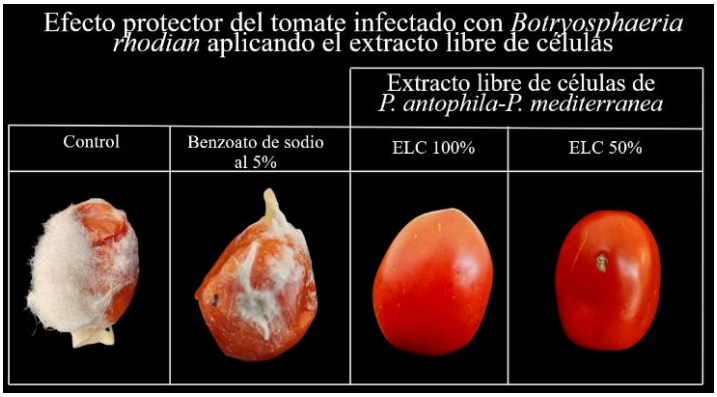


Figura 8. Comparación del efecto protector del ELC concentrado y uno diluido al 50% en contra de *B. rhodian.*

Conclusiones

Este trabajo demostró el potencial del uso de bacterias beneficiosas: *P. antophila* y *P. mediterránea*, como agente de biocontrol para reducir las pérdidas postcosecha en tomate.

El extracto libre de células (ELC) derivado de estas bacterias inhibió eficazmente el crecimiento de *R. arrhizus* y *B. rhodian*, dos de los principales patógenos causantes del deterioro postcosecha. Incluso una dilución al 50% del ELC mantuvo una protección significativa, lo que sugiere una alternativa rentable y respetuosa con el medio ambiente a los tratamientos químicos.

La producción de exopolisacáridos por las PGPR contribuye a su eficacia de biocontrol, potencialmente a través de mecanismos como la formación de biopelículas y la competencia por nutrientes.

Los resultados ponen de relieve el potencial de desarrollo de estrategias sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para la gestión postcosecha de tomates utilizando estas bacterias beneficiosas.

Los hongos aquí estudiados también atacan otros frutos como: pimiento, pepino, calabaza, papa, etc., por lo cual es necesario seguir investigando esta estrategia para optimizar el método de aplicación y evaluar la eficacia a gran escala, así como conocer las moléculas que componen este extracto.

Referencias

Borrajo, M. P., Mondino, E. A., Maroniche, G. A., Fernández, M., & Creus, C. M. (2022). Potential of rhizobacteria native to Argentina for the control of Meloidogyne javanica. *Revista Argentina de Microbiologia*, *54*(3), 224–232. https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.02.010

Chavez-Diaz, I. F., Mena-Violante, H. G., Hernandez-Lauzardo, A. N., Oyoque-Salcedo, G., Oregel-Zamudio, E., & Angoa-Perez, M. V. (2019). Postharvest control of rhizopus stolonifer on blackberry (Rubus fruticosus) by blackberry native crop bacteria. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, *51*(2), 360–317.

Coronado-partida, L. D., & Serrano, M. (2021). *Application of GRAS compounds to control soft rot in jackfruit (Artocarpus heterophyllus L .) caused by Rhizopus stolonifer Application of GRAS compounds to control soft rot in jackfruit (Artocarpus heterophyllus L .) caused by Rhizopus stolonifer*. *June*. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.327

El-Tarabily, K. A. (2008). Promotion of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) plant growth by rhizosphere competent 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-producing streptomycete actinomycetes. *Plant and Soil*, *308*(1–2), 161–174. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9616-2

Gefen, O., Chekol, B., Strahilevitz, J., & Balaban, N. Q. (2017). *TDtest : easy detection of bacterial tolerance and persistence in clinical isolates by a modified disk-diffusion assay*. *February*, 1–9. https://doi.org/10.1038/srep41284

Mendoza Jiménez D. Evaluación de la actividad antagónica de *Pseudomonas* sp., y *Pantoea* sp., contra el hongo fitopatógeno *Fusarium* sp., 2022.

Una Salud: Análisis de resistencia a antibióticos

Amanda de la Caridad Lahera Champagne[1,2,3] David Gustavo García-Gutiérrez[1,4], Alma Delia Bertadillo-Jilote[1,2] Karla Isabel Lira de León[1,2], G. M. Nava-Morales[1,2,3*]

[1]Universidad Autónoma de Queretaro,[2]Grupo de Investigación Una Salud, [3]Laboratorio de Microbiología Molecular,[4]Unidad de Servicios Clínicos y de Diagnóstico Molecular *gerardomnava@gmail.com

Resumen

Una Salud es un enfoque que tiene como objetivo principal preservar la salud de humanos, animales y ambiente. En este contexto, una de las principales amenazas identificadas es el aumento de bacterias resistentes a antibióticos (BRA). Sin embargo, las limitaciones técnicas de los métodos cultivo dependiente dificultan desarrollar estudios microbiológicos enfocados a estimar la abundancia y diversidad de BRA en ambientes complejos, incluyendo muestras clínicas y ambientales. Basado en esta premisa, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una estrategia de microbiología molecular para identificar y cuantificar la prevalencia BRA, a través del análisis de genes de resistencia a antibióticos (GRA). Para este fin, se identificó una lista prioritaria de antibióticos de importancia critica en salud pública y veterinaria. Posteriormente, se diseñaron ensayos de qPCR para la identificación y cuantificación de GRA, prevalentes en entornos asociados a la producción animal. Se identificaron ocho GRA (*qnrB, blaCTX-M, blaTEM, blaSHV, blaCMY, blaOXA, sul1* y *sul2*) que confieren resistencia a tres familias antibióticos de importancia crítica en humanos y animales. Estos ensayos moleculares se implementaron en un estudio epidemiológico piloto utilizando 80 muestras provenientes de sistemas de producción bovina, porcina y avícola. En general, se observó una elevada prevalencia y abundancia de los genes *qnrB* y *sul1* (100%), seguida de *sul2*, *blaTEM*, *blaSHV* (98.75%) y *blaCMY* (77.50%) en los tres sistemas de producción animal. Estos resultados resaltan la importancia del análisis de GRA de importancia crítica y evidencian urgente necesidad de realizar vigilancia epidemiológica en sistemas de producción animal.

Palabras claves: Bacterias resistentes a antibióticos (BRA), PCR cuantitativa (qPCR), genes de resistencia a antibióticos (GRA)

Summary

The One Health approach aims to preserve human, animal and environmental health; however, one of the main threats recognized by One Health and the World Health Organization, is the increasing prevalence of antibiotic-resistant bacteria (ARB). Due to technical limitations by culture-dependent methods, the epidemiological surveillance of ARB is very challenging; mainly in complex samples such as clinical or environmental specimens. Based on this premise, the objective of the present work was to develop a culture-independent approach to identify and quantify the prevalence of antibiotic-resistant genes (ARG) by quantitative PCR. For this goal, ARG conferring resistance to critical important antibiotics, I humans and animals, were identified. A series of qPCR assays were designed targeting eight ARG (*qnrB, blaCTX-M, blaTEM, blaSHV, blaCMY, blaOXA, sul1,* and *sul2*). These molecular assays were implemented in a pilot epidemiological study using 80 samples from bovine, porcine and poultry production systems. The use of these molecular assays revealed a high prevalence and abundance of *qnrB* and *sul1* genes (prevalence = 100%), followed by *sul2, blaTEM, blaSHV* (98.75%) and *blaCMY* (77.50%) in bovine, porcine and poultry production systems. These results highlight the importance of performing analysis of ARG conferring resistance to critically important antibiotics and the urgent need for epidemiological surveillance in animal production systems.

Keywords: Antibiotic resistant bacteria (ARB), Quantitative PCR (qPCR), Antibiotic resistant genes (ARG)

Introducción

Una Salud es un enfoque integral que tiene como objetivo principal mejorar y mantener la salud

humana, animal y ambiental (Sinclair, 2019). El aumento de bacterias resistentes a antibióticos (BRA) es uno de los enfoques fundamentales de Una Salud, debido a que este fenómeno es una de las principales amenazas a la salud de seres humanos, animales y ambiente (Boin et al., 2021). Las infecciones por BRA aumentan la morbilidad y mortalidad de humanos y animales (Dávalos-Almeyda et al., 2021), estimándose que para el año 2050, el número de muertes causada por BRA llegará ~ 10 millones anuales, superando el número de muertes causado por cáncer (Samreen et al., 2021). El aumento de BRA se ve relacionado, en gran medida, con el uso indiscriminado de antibióticos en seres humanos, animales y plantas (Huber et al., 2021); es el caso de los sectores de producción animal, donde se utiliza más de la mitad de los antibióticos producidos a nivel mundial. En este contexto, se prevé que para el 2030, la producción animal a nivel mundial utilizará más de 200 mil toneladas de antibióticos al año (JIACRA III, 2020).

En los últimos años, la producción animal ha experimentado un aumento en la prevalencia de BRA, debido al uso intensivo de antibióticos en los sistemas de producción de carne, huevo y leche (Rahman et al., 2022). Por ejemplo, estudios en unidades de producción animal han revelado una alta prevalencia de *E. coli* (~ 90 %), *Salmonella spp*. (~ 85 %), *Shigella* (~ 65 %), *Campylobacter spp*. (~ 50 %) resistentes a antibióticos (Mak et al., 2022; Nhung et al., 2016; C. Xu et al., 2022). Una gran proporción de las bacterias recuperadas en las unidades de producción son resistentes a más de una familia de antibióticos, lo que aumenta el riesgo para la salud humana y animal; además, de reducir las alternativas de tratamientos para el control de infecciones bacterianas (Gebeyehu, 2021). Es fundamental el estudio de BRA desde el concepto de Una salud, debido a que más del 75% de las bacterias que infestan a los humanos, son de origen animal, y que los genes que confieren resistencia a antibióticos (GRA) se transfieren, con relativa facilidad, entre humanos, animales y ambiente (Laiglesia et al., 2022).

El análisis de la prevalencia, distribución y abundancia de BRA en diferentes entornos es fundamental para mantener la salud pública; sin embargo, estos estudios no se pueden realizar mediante métodos cultivo-dependientes (convencionales), debido a que ~ 1 % de las bacterias se han logrado cultivar hasta el momento (Xu et al., 2022); por lo tanto, la prevalencia de BRA en muestras clínicas o ambientales representa un gran reto en la actualidad. Una estrategia para superar estas limitaciones es el desarrollo e implementación de métodos cultivo-independientes, basados en la amplificación y cuantificación por PCR (qPCR) (Tolosí et al., 2021). Estos ensayos se enfocan a la clasificación de GRA prevalentes en los genomas bacterianos (Mosé et al., 2021). Basado en esta premisa, este presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una herramienta molecular cultivo-independiente, para determinar prevalencia y diversidad de GRA en muestras clínicas y ambientales. Para llevar a cabo el objetivo principal se establecieron tres objetivos específicos. 1) identificar las determinantes genéticas que confieren resistentes a antibióticos de mayor importancia en salud pública y veterinaria, 2) diseñar una estrategia molecular para la efectiva detección de GRA, y 3) implementar los ensayos de qPCR en una prueba epidemiológica piloto en sistemas de producción animal bovina, porcina y avícola.

Metodología

Identificación de GRA de importancia en salud pública y salud animal

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura científica para identificar las GRA de mayor reporte en humanos, sistemas de producción animal y ambiente. Posteriormente, se realizó un análisis genómico comparativo de las GRA identificadas de acuerdo con los siguientes criterios: Criterio 1: Análisis de la prevalencia de GRA en muestras clínicas y ambientales. Criterio 2: Análisis de la prevalencia de GRA en muestras asociados a la producción animal. Criterio 3: GRA prevalentes en patógenos multirresistentes a antibióticos de importancia prioritaria declarados por la OMS y asociados a la producción animal (OMS, 2021). Criterio 4: Clasificación de antibióticos por la OMS (críticamente importante, importancia elevada, importante) (World Health Organization, 2019). Criterio 5: Clasificación de antibióticos por la

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2018). Criterio 6: Inclusión en la lista del Sistema Nacional de Monitoreo de Resistencia Antimicrobiana (NARMS) de genes relevantes que confieren resistencia a antibióticos (NARMS, 2023). Criterio 7: Inclusión en la lista de la base de datos integral de resistencia a los antibióticos (CARD) de genes relevantes que confieren resistencia a antibióticos (CARD, 2023). Criterio 8: Análisis de cocurrencia de DGRA en muestras asociados a la producción animal. (https://www.fda.gov/animal-veterinary/national-antimicrobial-resistance-monitoring-system/narms-now-integrated-data) y CARD (https://card.mcmaster.ca/).

Desarrollo de una estrategia molecular para la cuantificación de DGRA de importancia

Se identificó y analizó la cobertura y especificidad de un total de 55 iniciadores de PCR previamente reportados y validados en la literatura, dirigidos a la amplificación de las GRA identificadas. Estos análisis de secuencias se llevaron a cabo con la herramienta bioinformática MEGAX (Kumar et al., 2018). Para aumentar la cobertura de los ensayos, se diseñaron nuevos iniciadores de PCR utilizando la herramienta PrimerQuestTool disponible en Integrated DNA Technologies (IDT), utilizando el código de nucleótidos estandarizado por la IUPAC (PAC, 1995). Para estandarizar los ensayos de PCR, se realizaron análisis de gradientes de temperaturas de alineación para identificar las condiciones idóneas de amplificación. Posteriormente, se analizaron las curvas de amplificación, curvas estándar y curvas de disociación para identificar la linealidad, la especificidad, la sensibilidad y la eficiencia del ensayo. Para la realización de las curvas estándar se realizaron diluciones quíntuples seriadas de DNA previamente secuenciado y del cual se conocía que albergaban los genes de interés.

Estudio epidemiológico piloto de GRA de importancia critica, en muestras clínicas y ambientales

Se analizaron un total de 80 muestras de heces colectadas en sistema de producción animal comercial: 20 muestras provenientes de un sistema de producción bovina, 20 muestras de producción porcina, 20 muestras de producción porcino experimental y 20 muestras de producción avícola. La cuantificación de cada GRA se estimó relativo a abundancia bacteriana total, estimada por la cuantificación del gen *16SrRNA* (Cacace et al., 2019).

Resultados

GRA de importancia en salud pública, veterinaria y ambiental

Mediante un análisis de 70 publicaciones en revistas indexadas, se identificó un total de 200 GRA, utilizando los 8 criterios establecidos. Se identificaron un total de 8 GRA de importancia critica en salud pública y animal; estos genes confieren resistencia, a al menos, 3 grandes familias de antibióticos (Tabla 1). El 100 % de los GRA identificadas confieren resistencia a antibióticos de importancia crítica para animales, mientras que el 75% confieren resistencia a antibióticos de importancia crítica y el 25% confieren resistencia a antibióticos de importancia elevada para humanos.

Tabla 1. DGRA identificadas de mayor importancia en salud pública y veterinaria.

Familia de antibiótico	**Familia GRA**	**Alelos**
Betalactámicos	*bla*	*blaCTX-M15, blaCMY-2, blaTEM, blaSHV, blaOXA*
Sulfamidas	*sul*	*sul1, sul2*
Quinolonas	*qnr*	*qnrB,*

Diseño, estandarización y validación de ensayos de qPCR para la detección y cuantificación de GRA de importancia critica

Se estandarizaron y validaron un total de 10 ensayos de qPCR dirigidos a la amplificación de los GRA identificados de importancia en el estudio. Con el empleo de gradientes de temperaturas de alineación se pudieron identificar las mejores condiciones de amplificación para cada iniciador de qPCR (Figura 2).

Las temperaturas seleccionadas fueron las que permitían una mejor visualización del producto de PCR (Tabla 2). Se añadió al estudio la detección del gen del integrón 1 *intl1*, elemento genético móvil altamente relacionado con la resistencia a antibióticos y el gen *16SrRNA* el cual nos permitirá determinar la abundancia relativa de cada uno de los GRA.

Tabla 2. Temperaturas de alineación seleccionadas

Familia DGRA	**Temperatura de alineación**
blaTEM	60 ºC
blaSHV	60 ºC
blaCTX-M	60 ºC
blaCMY	60 ºC
blaOXA	60 ºC
qnrS	60 ºC
sul1	60 ºC
sul2	55 ºC
Intl1	60 ºC
16SrRNA	61 ºC

Con la realización de diluciones quíntuples seriadas se realizaron curvas estándar para obtener los parámetros de los ensayos. Las eficiencias oscilaron entre 96% - 104.3%, con una linealidad entre 0.982 – 0.996 (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros obtenidos en las curvas de iniciadores de qPCR.

Iniciador de qPCR	**Eficiencia (%)**	**R^2**
blaSHV	99.8%	0.996
blaTEM	98.7%	0.990
blaCMY	99.3%	0.993
qnrB	98.2%	0.988
Intl1	102.3%	0.990
16SrRNA-1	104.3%	0.982
sul1	96%	0.990
sul2	101.9%	0.993
blaSHV	99.8%	0.996
blaOXA	99.5%	0.982

Estudio epidemiológico piloto de GRA de importancia critica, en muestras clínicas y ambientales

En sistema de producción bovina se observó una prevalencia de 100% de genes que confieren resistencia a fluoroquinolonas y sulfamidas (*qnrB, sul1, sul2*) (Figura 1). En las muestras provenientes de los sistemas de producción porcino comercial y experimental también se observó una prevalencia de 100% de genes *qnrB, sul1* y *sul2* que confieren resistencia a quinolonas y sulfamidas (Figura 1). En las muestras de producción avícola, se observó una prevalencia de 100% de genes de confieren resistencia a fluoroquinolonas (*qnrB*), seguido de sulfamidas 97.5% (genes *sul1* y *sul2*) y betalactámicos (*blaSHV*, *blaTEM*, *blaCMY*) (Figura 1).

Los análisis de abundancia relativa revelaron que el gen *intl1* fue el más prevalente, seguido de *sul1*, *qnrB*, *sul2*, *blaSHV*, *blaCMY* y *blaTEM* (Figura 2), confirmando el papel de los elementos genéticos móviles en la transferencia horizontal de genes y la propagación de genes de resistencia a antibióticos.

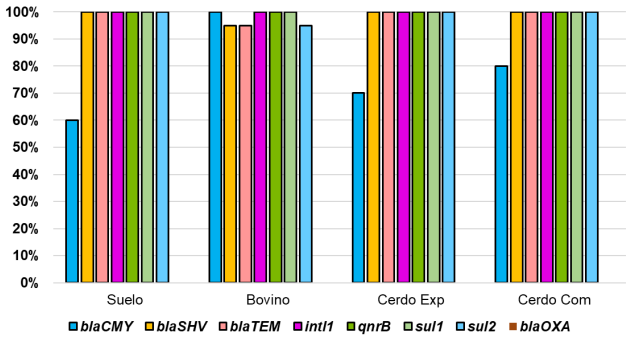


Figura 1. Prevalencias de DGRA de importancia por entorno analizado.

El gen *blaOXA,* no fue detectado en ninguno de los entornos analizados, este resultando puede sugerir una baja o nula prevalencia de bacterias resistentes a carbapenémicos, patógenos identificados mayormente asociado a infecciones en humanos (Kedišaletše et al., 2023; Taggar et al., 2020) por lo que pudiera emplearse como un marcador antropogénico. Este resultado además evidencia que los patógenos que se encuentran en estos entornos son completamente de origen animal y son resistentes a antibióticos de importancia crítica para humanos y animales.

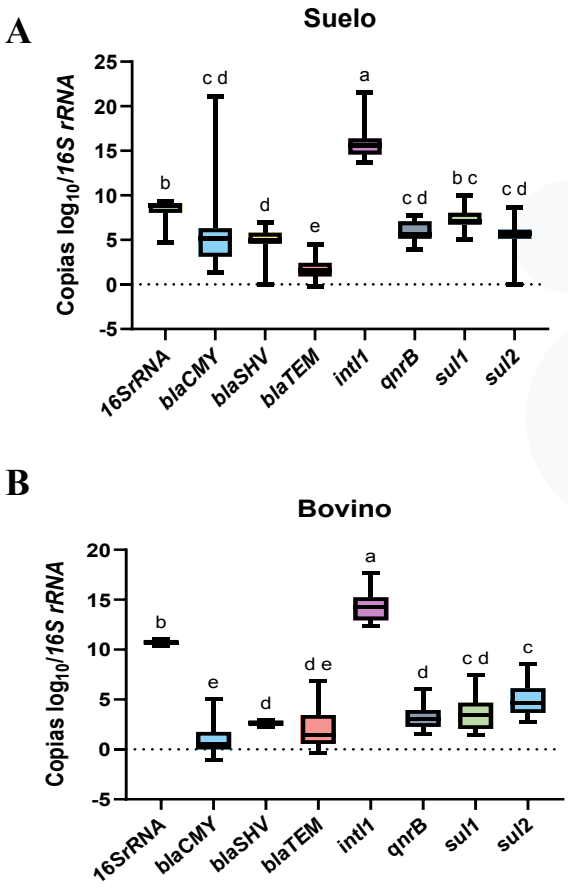
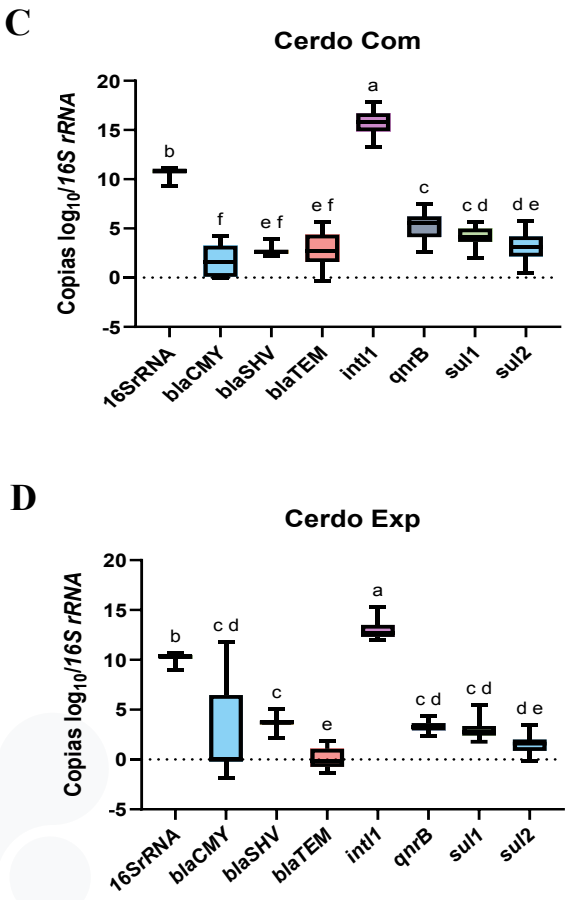


Figura 4. Abundancia relativa de DGRA de interés por entornos analizados en número de copias expresados en log_{10}. A) suelo B) sistemas de producción bovino C) sistemas de producción porcino comercial D) sistemas de producción porcino experimental.



Continuación Figura 4. Abundancia relativa de DGRA de interés por entornos analizados en número de copias expresados en log_{10}. A) suelo B) sistemas de producción bovino C) sistemas de producción porcino comercial D) sistemas de producción porcino experimental.

Discusión

Los resultados del presente estudio han relevado que sistemas de producción animal son entornos de alta prevalencia y abundancia de GRA, observación resaltada en varios estudios epidemiológicos a nivel mundial (Abdalla et al., 2021; Cao et al., 2020; Gebeyehu, 2021; Liu et al., 2020; Salerno et al., 2022). Antibióticos como fluoroquinolonas, sulfamidas y betalactámicos han sido ampliamente utilizados en sistemas de producción animal promoviendo el surgimiento de bacterias resistentes a estos fármacos (Magnusson, 2022). En este sentido, los elementos genéticos móviles juegan un papel crucial en la propagación de GRA como es el caso del *intl1* identificado principalmente en muestras ambientales (Zhu et al., 2021). El integrón de clase 1

se ha visto mayormente asociado a genes de resistencia a betalactámicos (*blaTEM, blaCTX-M, blaSHV*) y sulfamidas (*sul1, sul2*) propiciando su propagación entre bacterias (Inuwa et al., 2022). En conjunto, el presente trabajo y los estudios previamente publicados, revelan la importancia de los sistemas de producción animal como fuente de GRA y el posible origen de BRA que amenazan la salud humana, animal y ambiental.

Conclusiones

El presente estudió se desarrollaron ensayos cultivo-independiente para la oportuna detección y cuantificación de GRA de importancia critica en humanos y animales. La implementación de estos ensayos de qPCR evidenció una elevada prevalecía y abundancia de genes que confieren resistencia a fluoroquinolonas, betalactámicos, macrólidos y sulfamidas en diferentes sistemas de producción animal. Los resultados del presente trabajo, resalta la urgente necesidad de establecer una vigilancia epidemiológica que permita estimar la prevalencia, abundancia y distribución de GRA en sistemas de producción animal. Esta información será fundamental para desarrollar e implementar estrategias enfocadas a reducir la prevalencia de BRA en humanos, animales y ambiente.

Referencias

Adi Wicaksono, W., Braun, M., Bernhardt, J., Riedel, K., Cernava, T., & Berg, G. (2022). Trade-off for survival: Microbiome response to chemical exposure combines activation of intrinsic resistances and adapted metabolic activity. Environment International, 168, 107474. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107474

Dávalos-Almeyda, M., Guerrero, A., Medina, G., Dávila-Barclay, A., Salvatierra, G., Calderón, M., Gilman, R. H., & Tsukayama, P. (2022). Antibiotic Use and Resistance Knowledge Assessment of Personnel on Chicken Farms with High Levels of Antimicrobial Resistance: A Cross-Sectional Survey in Ica, Peru. Antibiotics, 11(2), 190. https://doi.org/10.3390/antibiotics11020190

European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control, & European Medicines Agency. (2021). Antimicrobial consumption and resistance in bacteria from humans and animals: Third joint inter-agency report on integrated analysis of antimicrobial agent consumption and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-producing animals in the EU/EEA : JIACRA III 2016–2018. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2900/056892

Gebeyehu, D. T. (2021). Antibiotic Resistance Development in Animal Production: A Cross-Sectional Study. Veterinary Medicine: Research and Reports, Volume 12, 101–108. https://doi.org/10.2147/VMRR.S310169

Horie, M., Yang, D., Joosten, P., Munk, P., Wadepohl, K., Chauvin, C., Moyano, G., Skarżyńska, M., Dewulf, J., Aarestrup, F. M., Blaha, T., Sanders, P., Gonzalez-Zorn, B., Wasyl, D., Wagenaar, J. A., Heederik, D., Mevius, D., Schmitt, H., Smit, L. A. M., & Van Gompel, L. (2021). Risk Factors for Antimicrobial Resistance in Turkey Farms: A Cross-Sectional Study in Three European Countries. Antibiotics, 10(7), 820. https://doi.org/10.3390/antibiotics10070820

Huber, L., Agunos, A., Gow, S. P., Carson, C. A., & Van Boeckel, T. P. (2021). Reduction in Antimicrobial Use and Resistance to Salmonella, Campylobacter, and Escherichia coli in Broiler Chickens, Canada, 2013–2019. Emerging Infectious Diseases, 27(9), 2434–2444. https://doi.org/10.3201/eid2709.204395

Kim, D.-W., & Cha, C.-J. (2021). Antibiotic resistome from the One-Health perspective: Understanding and controlling antimicrobial resistance transmission. Experimental & Molecular Medicine, 53(3), 301–309. https://doi.org/10.1038/s12276-021-00569-z

Laconi, A., Mughini-Gras, L., Tolosi, R., Grilli, G., Trocino, A., Carraro, L., Di Cesare, F., Cagnardi, P., & Piccirillo, A. (2021). Microbial community composition and antimicrobial resistance in agricultural soils fertilized with livestock manure from conventional farming in Northern Italy. Science of The Total Environment, 760, 143404. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143404

Macedo, G., van Veelen, H. P. J., Hernandez-Leal, L., van der Maas, P., Heederik, D., Mevius, D., Bossers, A., & Schmitt, H. (2021). Targeted metagenomics reveals inferior resilience of farm soil resistome compared to soil microbiome after manure application. Science of The Total Environment, 770, 145399. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145399

Mak, P. H. W., Rehman, M. A., Kiarie, E. G., Topp, E., & Diarra, M. S. (2022). Production systems and important antimicrobial resistant-pathogenic bacteria in poultry: A review. Journal of Animal Science and Biotechnology, 13(1), 148. https://doi.org/10.1186/s40104-022-00786-0

Massé, J., Lardé, H., Fairbrother, J. M., Roy, J.-P., Francoz, D., Dufour, S., & Archambault, M. (2021). Prevalence of Antimicrobial Resistance and Characteristics of Escherichia coli Isolates From Fecal and Manure Pit Samples on Dairy Farms in the Province of Québec, Canada. Frontiers in Veterinary Science, 8, 654125. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.654125

Mazhar, S. H., Li, X., Rashid, A., Su, J., Xu, J., Brejnrod, A. D., Su, J.-Q., Wu, Y., Zhu, Y.-G., Zhou, S. G., Feng, R., & Rensing, C. (2021). Co-selection of antibiotic resistance genes, and mobile genetic elements in the presence of heavy metals in poultry farm environments. Science of The Total Environment, 755, 142702. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142702

Pokhrel, D., Thames, H. T., Zhang, L., Dinh, T. T. N., Schilling, W., White, S. B., Ramachandran, R., & Theradiyil Sukumaran, A. (2022). Roles of Aerotolerance, Biofilm Formation, and Viable but Non-Culturable State in the Survival of Campylobacter jejuni in Poultry Processing Environments. Microorganisms, 10(11), 2165. https://doi.org/10.3390/microorganisms10112165

Rahman, Md. M., Alam Tumpa, Mst. A., Zehravi, M., Sarker, Md. T., Yamin, Md., Islam, Md. R., Harun-Or-Rashid, Md., Ahmed, M., Ramproshad, S., Mondal, B., Dey, A., Damiri, F., Berrada, M., Rahman, Md. H., & Cavalu, S. (2022). An Overview of Antimicrobial Stewardship

Optimization: The Use of Antibiotics in Humans and Animals to Prevent Resistance. Antibiotics, 11(5), 667. https://doi.org/10.3390/antibiotics11050667

Samreen, Ahmad, I., Malak, H. A., & Abulreesh, H. H. (2021). Environmental antimicrobial resistance and its drivers: A potential threat to public health. Journal of Global Antimicrobial Resistance, 27, 101–111. https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001

Teng, K. T., Aerts, M., Jaspers, S., Ugarte-Ruiz, M., Moreno, M. A., Saez, J. L., Collado, S., de Frutos, C., Dominguez, L., & Alvarez, J. (2022). Patterns of antimicrobial resistance in Salmonella isolates from fattening pigs in Spain. BMC Veterinary Research, 18(1), 333. https://doi.org/10.1186/s12917-022-03377-3

Tolosi, R., Carraro, L., Laconi, A., & Piccirillo, A. (2021). Optimization of five qPCR protocols toward the detection and the quantification of antimicrobial resistance genes in environmental samples. MethodsX, 8, 101488. https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101488

Xu, C., Kong, L., Liao, Y., Tian, Y., Wu, Q., Liu, H., & Wang, X. (2022). Mini-Review: Antibiotic-Resistant Escherichia coli from Farm Animal-Associated Sources. Antibiotics, 11(11), 1535. https://doi.org/10.3390/antibiotics11111535

Xu, Z., Deng, Y., Zhao, X., Hanh, N. T. T., & Waisundara, V. Y. (2021). Editorial: Emerging Frontiers in the Formation of Viable but Non-culturable Microorganisms and Biofilms During Food Processing. Frontiers in Microbiology, 12, 726348. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.726348

Zhu, T., Chen, T., Cao, Z., Zhong, S., Wen, X., Mi, J., Ma, B., Zou, Y., Zhang, N., Liao, X., Wang, Y., & Wu, Y. (2021). Antibiotic resistance genes in layer farms and their correlation with environmental samples. Poultry Science, 100(12), 101485. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101485

Estabilidad de Arginina bajo condiciones de la Tierra primitiva

Josué Fabián Díaz Aguilar [1, 2]
Alicia Negrón Mendoza [1]

josue.diaz@correo.nucleares.unam.mx
negron@nucleares.unam.mx

Instituto de Ciencias Nucleares[1], Facultad de Ciencias[2]
UNAM

- Resumen

La arginina es un aminoácido clave para el origen de la vida y en general para los sistemas biológicos, en este trabajo nos proponemos someterla a condiciones de la Tierra primitiva, buscando posibles mecanismos de protección y de reacción en medios acuosos. Se utilizó montmorillonita de sodio como agente protector y radiación ionizante como fuente de energía, los análisis se llevaron a cabo por espectrofotometría UV-Vis y UPLC-UV para darle seguimiento al analito. Se confirma que en medios ácidos la arginina presenta una gran afinidad por la arcilla y que ésta puede actuar como agente protector ante radicales libres, también la radiólisis de arginina puede originar moléculas como ornitina, urea, citrulina, norvalina y amoniaco, todas pudiendo ser relacionadas a arginina dentro del metabolismo.

- Abstract

Arginine is a key amino acid to understand the origin of life and in general for biological systems, in this work we propose to put it under Primitive Earth conditions, searching possible mechanisms of protection and reaction in aqueous media. Na-Montmorillonite was used as a protective agent and ionizing radiation as an energy source, the analyses were carried out by UV-Vis spectrophotometer and UPLC-UV to track the analyte. It's confirmed that in acid media arginine have a strong affinity to the clay and this interaction can protect the molecule of the free radicals, also, the radiolysis of arginine could form molecules as ornithine, urea, citrulline, norvaline and ammonia, all of which can be related to arginine within the metabolism.

- Palabras Clave/Keywords

Evolución química / Chemical evolution
Origen de la vida / Origine of life
Química prebiótica / Prebiotic chemistry
Química de radiaciones / Radiation chemistry
Montmorillonita / Montmorillonite

- Introducción

El planeta Tierra tiene una edad aproximada de 4.6 Ga, los primeros registros datan de hace 3.8 Ga, el espacio entre medias se mantiene como un enigma para la ciencia, un periodo de tiempo donde los procesos atmosféricos, hidrológicos y de la propia roca no se habían estabilizado, muy distintos a las condiciones actuales (Negrón, 2009). A pesar de nuestro avance en la comprensión del desarrollo de nuestro planeta, en este periodo también ocurre un fenómeno que a la fecha no se ha esclarecido: el origen de la vida. Se puede aseverar que no fue un evento puntual sino un proceso que se desarrolló desde el eón hadeano y principios del arqueano (4.6-3.6 Ga). Durante este periodo de tiempo las moléculas orgánicas pasaron por un proceso de complejización que derivaría en los principios de la bioquímica actual de los seres vivos, este campo de estudio es conocido como evolución química e intenta responder las interrogantes sobre el desar2rollo de las moléculas de interés prebiótico.

Un ser vivo se compone principalmente de cuatro tipos de biomoléculas: carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas, en el caso particular de

las proteínas, son constituidas por monómeros conocidos como aminoácidos, en un conjunto específico de veinte αL-aminoácidos denominados canónicos. Son de interés prebiótico desde los albores de este campo (Miller S. L., 1953), pues se ha demostrado que en medios con disponibilidad de NH_3, CH_4, CO_2, H_2O, H, y con cierta disponibilidad de energía, se sintetiza abióticamente una mezcla muy amplia de moléculas orgánicas entre las que ponderan los aminoácidos. Por ello, el estudio específico de estos veinte aminoácidos puede darnos pistas sobre el porqué terminarían incorporándose al código genético.

La arginina (Figura 1.) es uno de los tres aminoácidos básicos, posiblemente el primero de ellos (Blanco et al., 2018). Su estructura presenta una cadena lateral de tres carbonos que termina en una guanidina, grupo funcional que consiste en un carbono con un enlace doble resonante entre tres aminas, la carga positiva de esta estructura resulta esencial tanto en el plegamiento de péptidos, como en la estabilización de las interacciones electrostáticas entre proteínas y ácidos nucleicos, pasos esenciales para la consolidación de los sistemas vivos. Además de ello, funge múltiples papeles como un metabolito dentro de rutas para la producción de ATP, como reservorio de aminas y fuente de carbono.

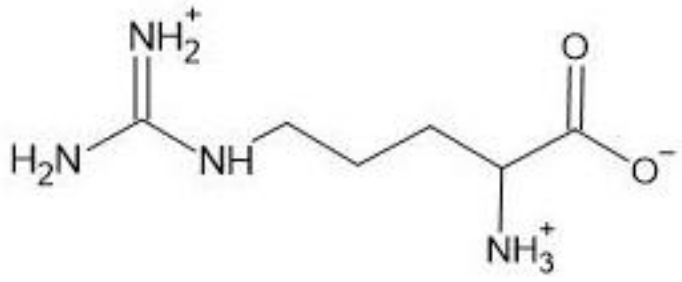


Figura 1. Estructura de arginina, grupo R 3C-guanidina.

La ruta de síntesis de arginina se puede generalizar para la mayoría de organismos, desde cianobacterias a eucariotas se compone de ocho pasos que a su vez dividen el proceso en dos: los primeros cinco convierten una molécula de glutamato acetilada en ornitina; mientras que los últimos tres ensamblan el grupo guanidina a través de dos procesos de transaminación cuyos donadores son un carbamoil-fosfato y un aspartato (Cunin, 1986. Wiesinger, 2007). La última parte del proceso es de gran interés para la biología y en especial para estudios prebióticos, pues estos dos donadores muestran la interconexión metabólica que se ensambla dentro de los seres vivos, el carbamoil-fosfato siendo también un precursor de bases nitrogenadas y el aspartato porque tras la transaminación se convierte en fumarato, metabolito parte del ciclo de Krebs.

Nulo es el material que se conserva del eón hadeano, los procesos post-magmáticos degradaron rápidamente las primeras capas de roca ígnea que se formaron en la corteza terrestre, sin embargo, podemos hacernos una idea de lo que encontraríamos en el medio: rocas en proceso de erosión, cuerpos de agua con orgánicos disueltos, una atmósfera sin oxígeno y fuentes de energía como la radiación ionizante. Reconstruyendo este escenario es importante destacar los puntos de transición entre las fases de la litósfera, hidrósfera y atmósfera, pues es en estos puntos donde con mayor probabilidad ocurrirían los procesos prebióticos.Los procesos de erosión originan silicatos que conforman a las rocas sedimentarias arcillosas como las esmectitas (Figura 2), su estructura mineral se conforma por capas de tetraedros de silicatos en arreglos hexagonales, coordinados con una capa de iones metálicos, normalmente aluminio (Al^{3+}), enlazados a oxígenos en una conformación octaédrica, el acomodo de estas capas en la mayoría de casos origina un arreglo conocido como 2:1 o TOT, donde dos capas de tetraedros abrazan una capa central octaédrica. La repetición de estos arreglos 2:1 crea un patrón escalonado en el que quedan espacios entre capas denominados canales interlaminares, los cuales se llenan de cationes como lo pueden ser el sodio (Na^{+}), potasio (K^{+}), calcio (Ca^{2+}) y hierro (Fe^{2+}). El canal adquiere esta capacidad iónica debido a las sustituciones isomórficas que ocurren en su estructura, tanto en la capa tetraédrica como en la octaédrica se pueden insertar iones de magnesio

(Mg^{2+}), hierro (Fe^{2+}) y calcio (Ca^{2+}), los cuales no tienen la misma capacidad de coordinación con las cargas negativas de los oxígenos y que terminan disipándose hacia las caras exteriores de la estructura superficialmente o dentro de los canales, dándole a su superficie una carga parcial negativa (Kloprogge, 2022).

Figura 2. Estructura del canal interlaminar de Na-montmorillonita, en paréntesis las posibles sustituciones isomórficas.

La naturaleza del canal interlaminar le otorga propiedades de gran interés prebiótico a este tipo de arcillas, en medios acuosos la estructura se hidrata y el canal se ensancha, permitiendo cierto flujo de materia bajo procesos de sorción, al secarse, el canal se estrecha, lo que retiene las moléculas que hayan podido interaccionar con las cargas del canal. No solo pueden sorberse dichas moléculas en la arcilla, sino que ésta puede promover reacciones entre ellas gracias a su arreglo e interacción con el mineral, derivando en la formación de polímeros y moléculas más complejas.

Los primeros cuerpos de agua, desde pozas de agua hasta playas de océanos, debieron estar sometidos a un alto dinamismo. Pruebas de agua líquida pueden rastrearse hasta hace 4.4 Ga tomando en cuenta la formación de minerales entre los que están las arcillas (Westall, 2009). Los cuerpos de agua en esta época debieron sufrir altas tasas de evaporación, lo que favorece el aumento de la concentración tanto de moléculas orgánicas como de iones (H^{+}), aumentando la acidez del medio. Procesos de evaporación y rehidratación son llamados ciclos Húmedo-Seco o *Dry-Wet*, en medios arcillosos enriquecidos con aminoácidos se ha comprobado que favorece la catálisis de esterificaciones y de enlaces peptídicos (Forsythe, 2015), siendo este ensamblado de monómeros es uno de los pasos en la evolución química hacia la complejidad biológica.

Por último, los sistemas acuáticos estarían sometidos a fuentes de energía como lo sería la radiación ionizante. En la Tierra se considera que hay principalmente cuatro radionúclidos de vida larga: ^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th y ^{40}K, siendo este último el más ligero de ellos. Su peso le permitió que en el proceso de estratificación terrestre grandes cantidades subieran hacia la superficie, se le considera un catión litófilo pues se le halla en múltiples estructuras minerales, sobre todo en coordinación con silicatos. Su presencia no solo se limita a rocas, tiene una alta solubilidad por lo que debió ser uno de los principales iones disueltos en el agua. Forma parte del metabolismo y cumple un rol fundamental en la polarización de membranas celulares. Sin embargo, aún ahora los plátanos son ligeramente radiactivos, entre todos estos átomos de K una parte considerable fue potasio 40. La desintegración radiactiva del ^{40}K se da a través de emisión beta (β) y gamma (γ), su desintegración produce ^{39}Ca y ^{40}Ar, basados en sus concentraciones actuales se estima que su concentración hacia finales del eón hadeano fuera diez veces mayor a la actual, liberando en el medio un estimado de 1.75 $x10^{-2}$ Gy/año (Mosqueira et al., 1996).

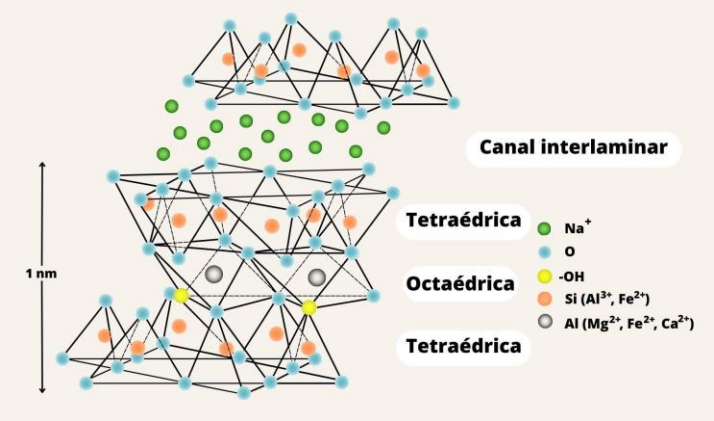
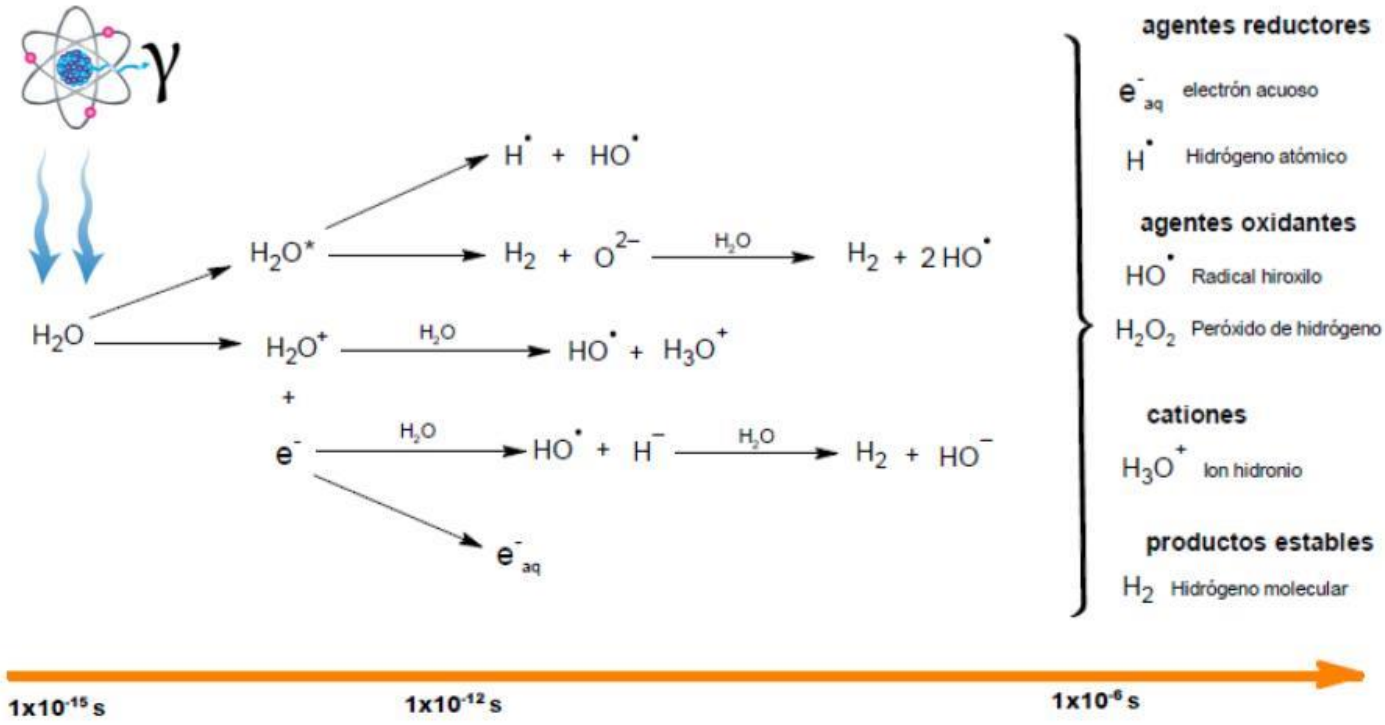


Figura 3. Productos de la radiólisis del agua.

Las moléculas que recibirían mayor parte de esta radiación ionizante serían moléculas de H_2O, lo que desencadenaría un proceso conocido como radiólisis del agua (Figura 3), proceso por el que se forman radicales libres disueltos y que interaccionan



con los orgánicos del medio, los más importantes son el radical hidroxilo ($^{\bullet}OH$), el hidrógeno atómico ($^{\bullet}H$) y un electrón con la capacidad de solvatarse en el medio acuoso (e^-_{aq}) (Caër, 2011).

Bajo un sistema que cumpla con estas características nos proponemos a estudiar la estabilidad de arginina, centrándonos en dos vertientes, la interacción de la molécula con la superficie mineral y la interacción entre nuestro analito con los radicales disueltos que la radiación γ produzca, sugiriendo mecanismos de acción y relacionando los productos de la radiólisis con los sistemas biológicos.

- Método

La arcilla modelo más común para estudios prebióticos es la montmorillonita, por lo que se usaron 400 mg de montmorillonita de sodio para ser suspendidos en 5 mL de una solución 0.1 mol/L de L-arginina, el sistema se acidifica hasta pH 2 con HCl y puesto en agitación, tras alcanzar el equilibrio de sorción, el sistema se centrifuga y filtra, separando la fase sólida cargada con arginina (Arg-Mont). El mismo procedimiento fue aplicado para arcilla previamente tratada con HDTMA, detergente catiónico que bloquea el canal interlaminar, buscando identificar el sitio de interacción entre arginina y Na-Mont. El sobrenadante es leído por espectrofotometría UV-Vis a 224 nm y se estima el porcentaje de sorción bajo una estimación del remanente por la ley de Lambert-Beer. Para la recuperación del analito sorbido se hace un tratamiento alcalino con hidróxido de potasio (KOH) donde tras la separación de la fase sólida se recupera un sobrenadante con los orgánicos disueltos.

Establecida una cinética de sorción entre el analito y la fase mineral, se introducen en el sistema dosis de radiación ionizante. Tras 1 hr de agitación el sistema es expuesto a dosis de 2 y 7 KGy, se recuperan tanto el sobrenadante como la fase sólida. A los sobrenadantes tanto de la fase líquida como del proceso de desorción se les realiza una cromatografía UPLC-UV en una columna C18 y con una fase móvil de Metanol/Agua 95:5, a un flujo de 1mL/min. Los resultados obtenidos se les compara con estándares de arginina y de los productos de radiólisis propuestos para dar identidad a los productos obtenidos.

- Resultados

Las suspensiones de montmorillonita en arginina fueron agitadas por cinco tiempos entre los 15 y 120 minutos, tras los cálculos de concentración se estima que desde el primer tiempo la montmorillonita de sodio está retirando un 72.04% de la concentración de arginina, que se estabiliza a partir de los 30 minutos en un 64.84% promedio con una desviación estándar de ± 5.48%, manteniendo este equilibrio hasta los tiempos más largos de agitación (Figura 4).

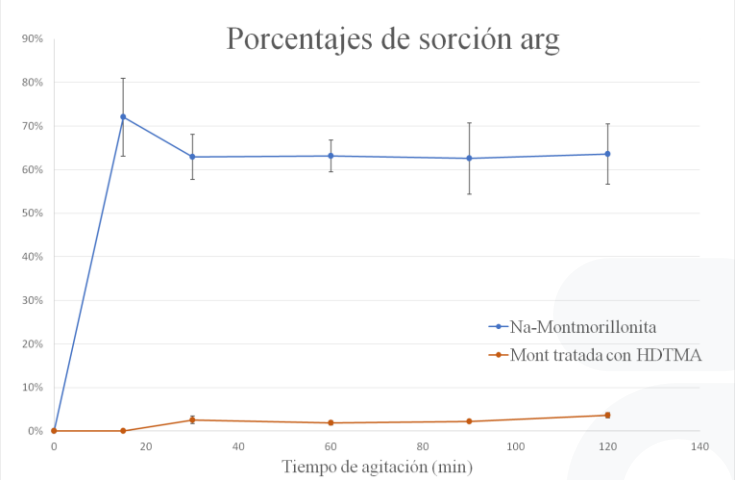
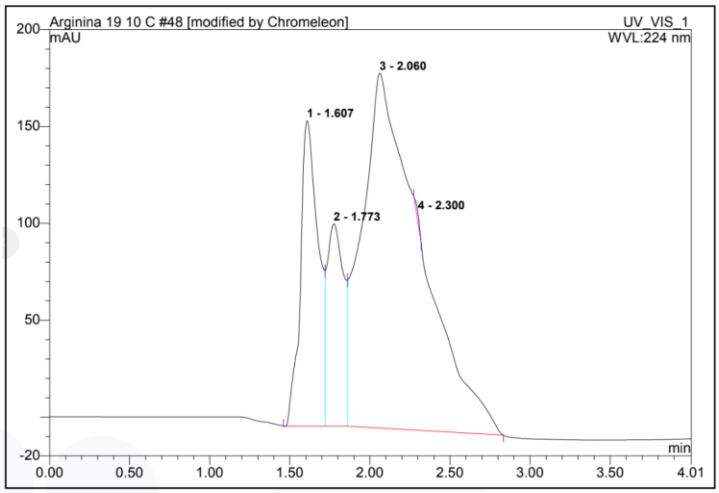


Figura 4. Porcentajes de sorción de arginina en Na-Mont y en montmorillonita tratada con HDTMA.

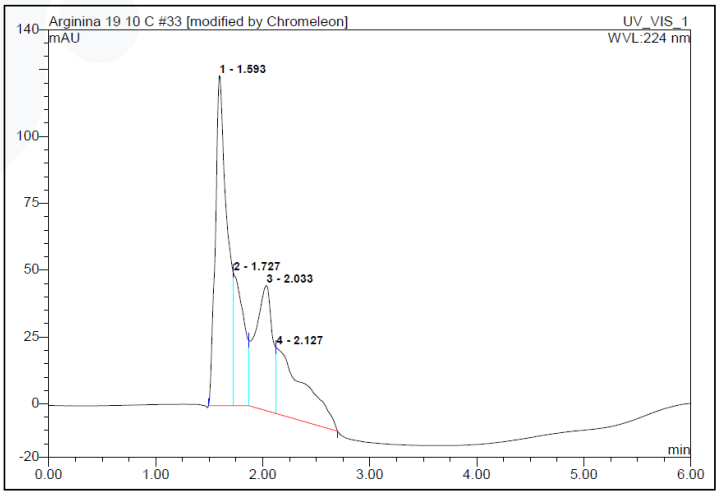
En contraste, la montmorillonita cuyo canal ha sido bloqueado con HDTMA parece perder la capacidad de interaccionar con arginina pues el promedio se sorción de las arcillas tratadas es de 2.08% con una desviación estándar de ± 0.55%.

Para los procesos de desorción se realizaron dos ciclos del mismo tratamiento donde en un primer ciclo se calcula un porcentaje de arginina recuperada del 31.28% de la arginina inicial, con una desviación estándar del ± 6.35%. En el segundo ciclo se estima se recupera un 11.35% ± 6.61% de la arginina inicial. Estimando entonces el total de arginina se puede reportar que se está recuperando un total de 41.79%, lo que representa el 69.41% de la arginina sorbida en la montmorillonita.

Los sistemas radiados fueron divididos en dos secciones: una siendo el sobrenadante tras la agitación y radiación (SN); y el segundo, la fase sólida, la cual es sometida a un tratamiento de desorción (DS), ambas fases líquidas fueron analizadas por UPLC-UV a 224 nm. Bajo las condiciones descritas en el método



se determinó que el tiempo de retención de arginina



es de 1.6 minutos.

Figura 5. Cromatograma del sobrenadante tras irradiación (SN)

Figura 6. Cromatograma de la desorción tras irradiación (DS)

La Figura 5 muestra el cromatograma resultante de la corrida de SN, en ella se muestran una serie de picos marcando cuatro tiempos de retención: 1.6, 1.7, 2.0 y 2.3 minutos, lo que nos indica la presencia de al menos cuatro moléculas. No podemos

aseverar que alguno de los picos sea el dominante pero la señal más intensa se coloca en el tiempo de retención de 2.0 min. Por su parte la corrida de DS se muestra en la Figura 6, en ella se observan picos en los mismos tiempos de retención (1.6, 1.7, 2.0 y 2.3 min) pero en una proporción muy distinta, siendo dominante el pico en en el tiempo de retención 1.6 min.

- Discusión

Comenzando con la interacción entre la arginina y la montmorillonita de sodio, nos podemos dar cuenta como la interacción entre el analito y la superficie mineral es muy rápida, desde el primer tiempo de agitación ya el sistema ronda los límites del equilibrio marcados por la desviación estándar de los datos (Figura 4). La llegada al equilibrio también resulta muy rápida y estable, llegando hasta nuestro máximo tiempo de agitación (120 min), el sistema se mantiene estable en una sorción del 64.84%. Por lo que se puede deducir que existe una gran afinidad de la montmorillonita de sodio por nuestro analito. En contrapunto, el sistema con montmorillonita tratada con HDTMA no muestra la capacidad de interacción con arginina, siendo apenas de un 2.08% la arginina retirada del medio, por ello podemos afirmar que el sitio de interacción de nuestra molécula es el canal interlaminar y no las cargas superficiales de la estructura mineral.

En un medio acidificado como el nuestro la estructura de la arginina presentará dos cargas positivas tanto en el $\propto -$amino como en la guanidina, los pKa de estos grupos son de 9.12 y 12.48, por lo que se hallarán protonadas en el medio. El pKa del grupo $\propto -$carboxilo es de 2.4 por lo que se hallará en un estado de transición donde la mitad de las moléculas de arginina lo tendrán protonado y la otra mitad no, la protonación de este grupo es importante pues elimina la carga negativa en el carbono $\propto$ (Fitch, 2015). Estas cargas positivas pueden ser el origen de la interacción entre nuestro analito y la montmorillonita pues en un medio con abundante cantidad de cationes ocurre un fenómeno físico-químico conocido como intercambio catiónico, donde los sodios del canal interlaminar sufran un recambio con los cationes del medio. La arginina, al contar con dos cargas positivas en su estructura es susceptible a este proceso, siendo incorporada a la estructura de la montmorillonita en un proceso de adsorción.

Durante el proceso de desorción se recupera un 69.41% de la arginina retenida, el medio con KOH alcanza el pH de 11, no el suficiente para desprotonar al grupo guanidina por lo que esta carga positiva se mantendría, dificultando la recuperación de las moléculas al no inhibirse la interacciones iónicas que tiene con el mineral.

A pesar de que los radicales libres pueden reaccionar con cualquier átomo dentro de la estructura de la arginina, preferentemente actuarán sobre los grupos funcionales, el más susceptible de ellos es la guanidina por lo que nuestros posibles mecanismos de acción se centran en ella (Xu, 2003). Este grupo puede sufrir un ataque tanto por el radical $^{\bullet}OH$ como el $^{\bullet}H$. Para el caso del radical hidroxilo (Figura 7), éste puede romper la guanidina en urea al interaccionar con el carbono central, reemplazando una de las aminas, si esta amina es la que se une a la cadena de carbonos, el aminoácido resultante sería ornitina. Si el radical reemplaza una de las otras dos aminas los productos serán citrulina y amoniaco.

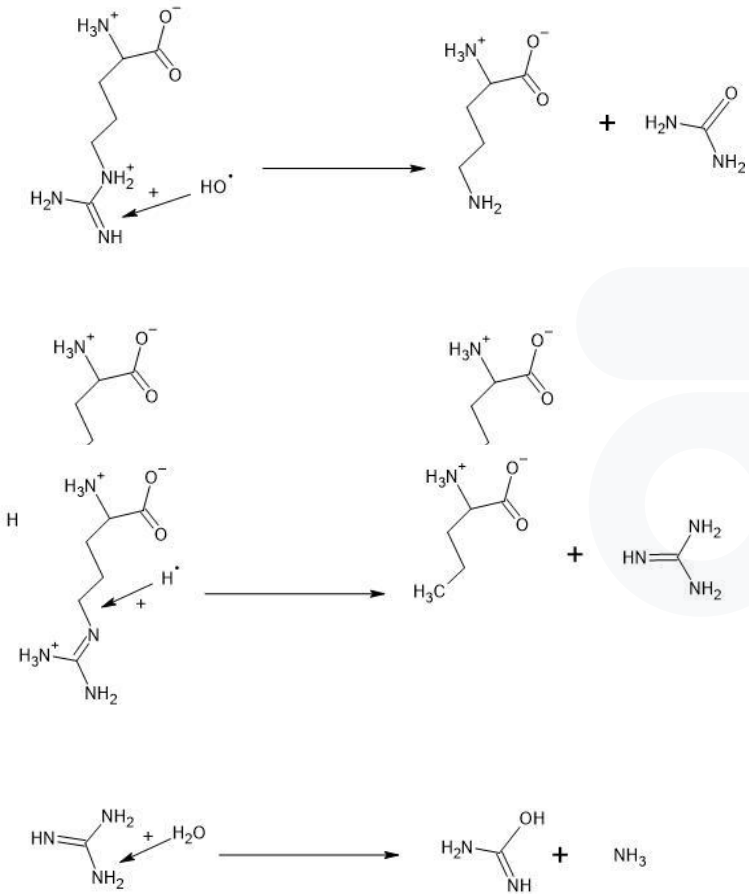
En el caso del átomo de hidrógeno puede realizar un ataque nucleofílico hacia la amina en la cadena de carbonos, lo que liberaría a la guanidina al medio y convertiría al aminoácido en norvalina. La guanidina en el medio acuoso es lábil debido a la

naturaleza de las iminas (nitrógenos con dobles enlaces), por ello muy probablemente se disocie en amoniaco y urea tanto por la acción de una molécula de agua, como por la acción de algún radical.

Figura 7. Posibles mecanismos de reacción entre $^{\cdot}OH$ y arginina

Figura 8. Mecanismo de reacción entre $^{\cdot}H$ y arginina, hidrólisis de imina de la guanidina.

Basados en estos posibles mecanismos de



reacción nos propusimos a buscar dichas moléculas en la mezcla de moléculas resultantes de la radiólisis, para ello corrimos estándares de urea, guanidina, ornitina, citrulina y valina, esta última como reemplazo de estándar para norvalina. Los tiempos de retención de las primeras tres moléculas fue de 1.6 min, de 2.0 para el caso de valina y de 2.3 para citrulina. En la Figura 5, se muestra cómo en el SN se halla un repertorio considerable de moléculas para los dos últimos tiempos de retención que, basados en nuestras propuestas, podría tratarse de un aminoácido con cadena de carbonos, la cual probablemente sea norvalina, también se puede considerar valina, la cual cuenta con una cadena de tres carbonos ramificada; o prolina, derivado de la formación de un ciclo con el grupo $\propto$ −amino. La presencia de estas dos señales nos muestra que la arginina en el medio acuoso tiende a perder el grupo guanidina por completo, o que también tiende a perder una de las aminas del grupo para originar citrulina, un aminoácido cuyo grupo funcional es una estructura análoga a la urea, además de más estable.

En el caso de las muestras DS (Figura 6) se nota que ponderan las moléculas con tiempo de retención de 1.6 min, lo que en primera instancia nos está mostrando la supervivencia de las moléculas de arginina, aunque no se descarta que el máximo de absorbancia tenga el aporte de la señal de más moléculas que compartan este mismo tiempo de retención y que absorban a nuestra longitud de trabajo, sobretodo urea y ornitina que componen el mecanismo de acción más probable de nuestras propuestas (Figura 7). También debe tomarse en cuenta que el cromatograma de las muestras DS no se componen únicamente de este tiempo de retención sino que también vemos una señal importante de moléculas con tiempo de retención de 2.0 min, lo que nos estaría hablando de la formación de aminoácidos con grupos R de tres carbonos (norvalina, prolina, valina).

La posible aparición de ornitina y citrulina nos obliga a retomar la ruta de síntesis general de arginina, donde los últimos pasos justo tienen como intermediarios a estas dos moléculas (Wiesinger 2007), abriendo la posibilidad a considerarlos como

precursores para su síntesis abiótica y como posible del metabolismo de los primeros seres vivos. Además, debemos considerar a la urea como un posible donador de aminas para este proceso, pues bien conocido que la urea es de los productos más comunes dentro del metabolismo de aminas y también de los principales productos en experimentos de síntesis prebióticas, podría haber cumplido un papel análogo al carbamoil fosfato como donador de aminas en el ensamble del grupo guanidina.

Que la composición de DS no se limite a moléculas de arginina no quiere decir que la montmorillonita no esté protegiendo a la arginina de la descomposición por radiación, si se piensa que el sistema consiste en una suspensión con arginina, las moléculas que aún estén disueltas en el medio acuoso y que se vean modificadas por los radicales libres, crearán inevitablemente nuevos equilibrios de sorción con la superficie mineral, lo que originará un recambio de moléculas de arginina sorbidas por los nuevos orgánicos en el medio. El estudio de cinéticas de sorción de mezclas resulta complicado al aumentar las variables de nuestro sistema pero se puede trabajar sobre la composición de las mezclas. Se está trabajando en métodos que nos permitan la cuantificación de los productos, principalmente amoniaco y urea, y que también nos permita confirmar la identidad de dichos compuestos, así como de los aminoácidos.

- Conclusiones

Se puede afirmar que la arginina sufre un proceso de adsorción en la montmorillonita de sodio bajo condiciones ácidas en medio acuoso, su afinidad puede asociarse a un proceso de intercambio catiónico debido a la protonación de esta molécula en medios ácidos. Bajo condiciones de radiación la arginina parece mantenerse estable gracias a la protección de la montmorillonita de sodio y que otras moléculas orgánicas en el medio podrían modificar las cinéticas de sorción. Las moléculas resultantes de la radiólisis de arginina pueden relacionarse con metabolitos intermedios en su ruta de síntesis, entre los que destacamos a la urea, ornitina, citrulina y amoniaco.

- Referencias

Blanco, C., Bayas, M., Yan, F., & Chen, I. A. (2018). Analysis of Evolutionarily Independent Protein-RNA Complexes Yields a Criterion to Evaluate the Relevance of Prebiotic Scenarios. *Current Biology*, *28*(4), 526-537.e5. https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.014

Caër, S. le. (2011). Water radiolysis: Influence of oxide surfaces on H2 production under ionizing radiation. In *Water (Switzerland)* (Vol. 3, Issue 1, pp. 235–253). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/w3010235

Cunin,', R., Glansdorff, N., Pierard, A., & Stalon2, V. (1986). Biosynthesis and Metabolism of Arginine in Bacteria. In *MICROBIOLOGICAL REVIEWS* (Vol. 50, Issue 3).

Fitch, C. A., Platzer, G., Okon, M., Garcia-Moreno, B. E., & McIntosh, L. P. (2015). Arginine: Its pKa value revisited. *Protein Science*, *24*(5), 752–761. https://doi.org/10.1002/pro.2647

Forsythe, J. G., Yu, S. S., Mamajanov, I., Grover, M. A., Krishnamurthy, R., Fernández, F. M., & Hud, N. V. (2015). Ester-Mediated Amide Bond Formation Driven by Wet-Dry Cycles: A Possible Path to Polypeptides on the Prebiotic Earth. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, *54*(34), 9871–9875. https://doi.org/10.1002/anie.201503792

Kloprogge, J. T., & Hartman, H. (2022). Clays and the Origin of Life: The Experiments. In *Life* (Vol. 12, Issue 2). MDPI. https://doi.org/10.3390/life12020259

Miller S. L. (1953). A prodution of aminoacids under possible primitive earth conditions. *Science*, *117*(528).

Mosqueira, F. G., Albarr/Kn, G., & Negron-Mendoza, A. (1996). A REVIEW OF CONDITIONS AFFECTING THE RADIOLYSIS

DUE TO ~K ON NUCLEIC ACID BASES AND THEIR DERIVATIVES ADSORBED ON CLAY MINERALS: IMPLICATIONS IN PREBIOTIC CHEMISTRY. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, *26*, 75–94.

Negron Mendoza, A. (2009). Evolucion química y síntesis abiótica. *Ciencias*, (001). Recuperado a partir de https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/10905

Westall, F. (2009). The early earth. In *Frontiers of Astrobiology* (pp. 89–114). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511902574.009

Wiesinger, H. (2007). 5 Arginine, Citrulline, and Ornithine. In: Lajtha, A., Oja, S.S., Schousboe, A., Saransaari, P. (eds) Handbook of Neurochemistry and Molecular Neurobiology. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30373-4_5

Xu, G., Takamoto, K., & Chance, M. R. (2003). Radiolytic Modification of Basic Amino Acid Residues in Peptides: Probes for Examining Protein-Protein Interactions. *Analytical Chemistry*, *75*(24), 6995–7007. https://doi.org/10.1021/ac035104h

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y POSGRADO

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INTERDISCIPLINARIA

MEMORIA
NOVIEMBRE 2024

12° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS

UAQ | CRECER EN LA DIVERSIDAD

INDICE

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INTERDISCIPLINARIA

Explorando nuevas fronteras en ciencia y tecnología de semiconductores.	**Kassandra Carrillo Amezcua, Paulina Campos Bautista, Diego Alonso Zamora Camacho, Edgar Texcucano Vergara, Elim Antonio Aguilar Padierna, Jenifer Alejandra Ramírez Martínez, Mónica Balvanera Ortuño López, Víctor Levi González Ajuech, Yolanda Jiménez Flores, Sara Castilla Rosell.**
Síntesis de materiales semiconductores para la reducción de metales pesados.	Britany Llebana Domínguez Arroyo, Yolanda Jiménez Flores.
N,S-CQD soportados en nanopartículas de oro como material fotoresponsivo.	Luis Emiliano Ramírez Montoya, Carlos Guzmán Martínez, Jaime Moroni Mora Muñoz Y Minerva Guerra Balcázar.
CalleSegura: Herramienta de recopilación y análisis de incidencias delictivas.	Marco Antonio Olvera-Torres; Marco E. Bautista-Olvera; Diego Pérez-Vega; Jorge Luis Pérez-Ramos.
Sensores RTD de PbS: una innovación en la medición térmica.	Jenifer Alejandra Ramírez Martínez, Diego Alonso Zamora Camacho, Edgar Texcucano Vergara, Paulina Campos Bautista, Elim Antonio Aguilar Padierna.
Desarrollo de un nanobiosensor amperométrico de ácido úrico.	Velázquez Sánchez, Johanna Fátima, Ortega Romo, Arely, Ledesma García, Janet, Arriaga Hurtado, Luis Gerardo, Escalona Villalpando, Ricardo Antonio.
Modelo de fondo morfológico para el análisis de flujos viales en zonas urbanas.	Erik-Josué Moreno-Mejía, Daniel Canto´N-Enriquez, Jorge-Luis Pérez-Ramos, Ana-Marcela Herrera-Navarro, Hugo Jiménez-Hernández.
Modulación de la Dimensionalidad en SBA-15 Mediante Parámetros de Síntesis.	Ed Fabián Sánchez Ramírez, María De Los Ángeles Cuán Hernández, Rufino Nava Mendoza, Luz M. López Marín, Rodrigo Díaz Díaz.

Explorando nuevas fronteras en ciencia y tecnología de semiconductores

Kassandra Carrillo Amezcua, Paulina Campos Bautista, Diego Alonso Zamora Camacho, Edgar Texcucano Vergara, Elim Antonio Aguilar Padierna, Jenifer Alejandra Ramírez Martínez.
Asesores: *Mónica Balvanera Ortuño López, Víctor Levi González Ajuech, Yolanda Jiménez Flores, Sara Castilla Rosell.

Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro.

Autor de correspondencia:
monica.ol@queretaro.tecnm.mx

Resumen

Se estudiaron las características ópticas y eléctricas de películas delgadas semiconductoras de PbS y ZnS, obtenidas mediante depósito químico (CBD). Se demostró la sencillez, bajo costo, eficacia, repetibilidad y menor impacto ambiental de estos métodos de depósito químico. Se observaron propiedades en ambos materiales como filtros de radiación UV, y de material ventana de radiación visible para el caso del ZnS; mientras que el PbS mostró una alta sensibilidad para la región IR y a la temperatura. Por lo anterior, se identifica un claro potencial del PbS como sensor de temperatura, ya que su resistencia eléctrica disminuye significativa y linealmente con el incremento de la temperatura. Las propiedades ópticas y eléctricas observadas en los materiales sintetizados por CBD, dejan claro el potencial de estas propuestas, para el desarrollo de tecnologías innovadoras en sensores térmicos de precisión, sensores de IR, ventanas de radiación visible y filtros de radiación UV.

Palabras Clave: Películas delgadas semiconductoras, propiedades eléctricas, propiedades ópticas, depósito químico.

Abstract

The optical and electrical characteristics of PbS and ZnS semiconductor thin films obtained by chemical deposition (CBD) were studied. The simplicity, low cost, efficiency, repeatability and lower environmental impact of these chemical deposition methods were demonstrated. Properties of both materials such as UV radiation filters and visible radiation window material were observed in the case of ZnS; while PbS showed a high sensitivity for the IR region and temperature. Therefore, a clear potential of PbS as a temperature sensor is identified, since its electrical resistance decreases significantly and linearly with increasing temperature. The optical and electrical properties observed in the CBD synthesized materials make clear the potential of these proposals for the development of innovative technologies in precision thermal sensors, IR sensors, visible radiation windows and UV radiation filters.

Keywords: Semiconductor thin films, electrical properties, optical properties, chemical deposition.

Introducción

La industria de los dispositivos semiconductores ha alcanzado un alto grado de importancia debido a la creciente demanda de tecnología avanzada en todos los sectores, tales como la electrónica, la medicina, y la energía. Este progreso se refleja en la fabricación masiva de dispositivos cada vez más eficientes, con estructuras complejas y miniaturizadas, impulsadas por técnicas de producción de alto grado de precisión y sofisticación. Entre los métodos avanzados para el crecimiento de materiales semiconductores destacan la erosión catódica, la deposición química en fase vapor (CVD), y la ablación láser (Mendoza J.E.M, 2017). La erosión catódica, por ejemplo, se basa en un bombardeo de partículas de alta energía sobre el material fuente, lo que permite su adhesión al sustrato, pero requiere altos niveles de vacío y considerables insumos energéticos. Los métodos de CVD y ablación

láser, por otro lado, utilizan gases portadores que depositan químicamente las especies deseadas en el sustrato bajo condiciones de alto vacío, asegurando una mayor pureza en el material depositado. Estas tecnologías avanzadas permiten fabricar dispositivos de alta calidad y rendimiento, pero conllevan altos costos económicos y ambientales, debido a los estrictos controles y el sofisticado equipo requerido.

En este contexto, los dispositivos semiconductores de película delgada se presentan como una alternativa prometedora para satisfacer parte de la demanda de la industria electrónica, con el potencial de reducir los costos y el impacto ambiental. Las películas delgadas, con espesores en el rango de 20 a 100 nm, exhiben propiedades ópticas y eléctricas únicas que no están presentes en sus contrapartes a granel (bulk). Esto se debe a los efectos cuánticos y de superficie que se manifiestan a escala nanométrica, lo que permite la modulación de sus propiedades de acuerdo con las necesidades específicas de cada aplicación. (Saidzhonov, 2019)

En las últimas décadas, el estudio de estos materiales ha demostrado su potencial para su uso en una variedad de aplicaciones, desde sensores de radiación y transistores de película delgada y hasta celdas solares (Lin et al., 2021; Willars-Rodríguez, 2020; Arreola-Jardón., 2010) lo que resalta su versatilidad y relevancia para la innovación en dispositivos semiconductores.

Para la síntesis de películas delgadas semiconductoras, se han desarrollado métodos químicos que responden a la demanda de técnicas más sostenibles y económicas. Los métodos basados en el Depósito en Baño Químico (CBD), por ejemplo, han demostrado ser eficaces en la síntesis de películas de seleniuros, óxidos y sulfuros de metales, como el CdTe, ZnO, CdS, PbS y ZnS (Ali & Aswad, 2023, Willars-Rodríguez F.J. et al., 2020, Ordaz-Fernández E. et al., 2019,).

CBD es una técnica de depósito por precipitación controlada, basada en soluciones acuosas de precursores de iones metálicos, no metálicos y un agente acomplejante del metal. Bajo estas condiciones se puede lograr la liberación gradual de iones metálicos, facilitando una deposición uniforme y controlada de la película sobre el sustrato. Esta técnica destaca por su bajo costo, la simplicidad de su instrumentación y la posibilidad de escalabilidad, lo cual lo convierte en una alternativa atractiva frente a los métodos tradicionales que requieren condiciones de vacío y altos consumos energéticos. (Diaz-Grijalva, O. I. et al., 2020; Sengupta et al., 2021)

Dentro de los materiales semiconductores de película delgada, el sulfuro de plomo (PbS) y el sulfuro de zinc (ZnS) son de especial interés debido a sus propiedades ópticas y electrónicas. El PbS, con un band gap de aproximadamente 0.41 eV, es altamente sensible a la radiación infrarroja, lo que lo convierte en un material ideal para la fabricación de fotodetectores y sensores térmicos (Lin et al., 2021; Choudhury & Sarma, 2008). Dependiendo de las técnicas de depósito y de los elementos dopantes incorporados, se pueden modificar sus propiedades de resistividad y banda prohibida, permitiendo su adaptación a distintas aplicaciones. (Tandy LMF, 2013)

El ZnS, por su parte, es un semiconductor tipo n con un band gap de 3.6 eV, pero modulable entre 3.28 y 3.9 eV, lo cual lo hace ideal para aplicaciones ópticas en el espectro visible y ultravioleta. Su elevada transparencia en el visible y la posibilidad de ajuste de su estructura cristalina permiten su uso en dispositivos optoelectrónicos como ventanas y filtros en sensores ópticos. (Bedoya Calle., 2015, Serrano-Romero M. et al., 2021)

Los sensores ópticos y térmicos representan un área en expansión dentro de la tecnología de sensores, con aplicaciones que van desde el monitoreo ambiental hasta la medicina y la automatización industrial. Los sensores de PbS, sensibles a la radiación infrarroja, son ampliamente utilizados en sistemas de detección de movimiento y en cámaras térmicas, mientras que los sensores ópticos de ZnS, que responden a variaciones en la intensidad de la luz, son especialmente útiles para dispositivos de imagen, filtros de radiación y sistemas de monitoreo IoT. La capacidad de estos dispositivos para operar a escala nanométrica permite reducir la resistencia eléctrica y optimizar la respuesta de los sensores a estímulos

externos. Este tipo de innovaciones en sensores no sólo extienden su aplicación en tecnologías inteligentes y autónomas, sino que también contribuyen al desarrollo de sistemas de monitoreo eficientes y sostenibles.

El objetivo general de este estudio es examinar el potencial de aplicación del depósito químico en solución, una innovadora técnica de síntesis y depósito de películas delgadas de materiales semiconductores, como tecnología de fabricación de dispositivos ópticos y optoelectrónicos. Específicamente se sintetizaron películas delgadas de PbS y ZnS, y se caracterizaron sus propiedades ópticas y eléctricas, esto mediante Espectroscopía Ultravioleta Visible y mediciones de la resistencia eléctrica en función de la temperatura, con el fin de identificar su viabilidad tecnológica para el diseño y fabricación de sensores térmicos, ópticos y filtros de radiación.

Metodología

Síntesis de las películas delgadas

Las películas semiconductoras de PbS y ZnS se sintetizaron mediante dos métodos basados en la técnica CBD; se detallan a continuación los parámetros de cada experimento realizado.

Sulfuro de Plomo (PbS)

En el reactor se colocaron sustratos de vidrio y se agregaron las siguientes sustancias: 43 ml de agua, 6 ml de nitrato de plomo (0.125M), 10 ml de hidróxido de potasio (0.5 M) y 6 ml de tiourea (0.25 M), manteniéndose en agitación constante. Enseguida se midió el pH y se llevó a una temperatura de 70°C.

Luego de iniciada la precipitación del PbS, se obtuvieron recubrimientos a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos de depósito. Las películas resultaron homogéneas, fuertemente adheridas al sustrato y de color gris metálico.

Sulfuro de Zinc (ZnS)

En un vaso de precipitado se añadieron en orden las siguientes sustancias: 11ml sulfato de zinc (0.1M), 5 ml de citrato de sodio (1M), 2 ml hidróxido de sodio (0.5M), 10 ml solución buffer pH 10, 8 ml Tiourea (0.5M) y c.b.p. 100 ml de agua destilada.

Se obtuvieron 5 películas de 30, 60, 90, 180 y 210 minutos de depósito, a una temperatura de 70 °C. Se obtuvieron recubrimientos homogéneos, transparentes, de color grisáceo, con una fuerte adhesión a su sustrato.

Caracterización Óptica y Eléctrica

Las propiedades ópticas de las películas se estudiaron mediante un Espectrofotómetro UV-VIS *Hatch DR6000,* en el intervalo del espectro electromagnético de 290 a 1100 nm. Implementando el método de interpolación lineal de la gráfica de *Tauc,* se determinó ancho de banda de energía prohibida (Eg) también llamada Energía Gap, estimada a partir de los datos de los espectros de absorción. (John and Onyeka Emegha, 2021)

Las mediciones de la resistencia eléctrica se obtuvieron luego del corte y acondicionamiento de porciones de 12.7 mm^2, empleando un multímetro digital de banco marca *Keithley 2110-120*. Para el caso del PbS, se realizaron mediciones de la resistencia eléctrica de los materiales bajo un programa de calentamiento en intervalos de 19 a 65 °C. A partir de las mediciones repetidas, se determinaron medidas de dispersión estadística para evaluar la repetibilidad de los datos de resistencia eléctrica de los sensores.

Resultados

Propiedades ópticas películas de PbS

En la figura 1 y 2 se muestran los espectros de transmisión y absorción de las muestras crecidas en 20, 25 y 30 minutos, como representativas de la serie completa. Se observa una transmitancia muy baja de los 300 a los 700 nm, que aumenta rápida y significativamente de los 800 a los 1100 nm. Muy

poca luz de las regiones UV y visible puede traspasar estos materiales; esta radiación es fuertemente absorbida y también reflejada, como lo muestran sus espectros de absorción y las características de alta reflexión especular observadas macroscópicamente (Figura 3). Así mismo, se aprecia una respuesta ante la incidencia de radiación infrarroja; por encima de los 900 nm se aprecia un punto de inflexión de la curva, aumentando significativamente la absorción lo que se asocia teóricamente a la inducción de transiciones electrónicas en este material.

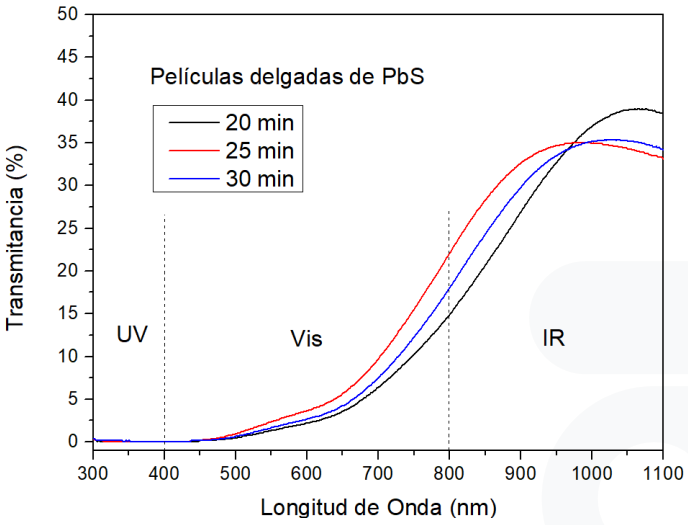


Figura 1. Espectros de transmisión de las películas de 20, 25 y 30 minutos.

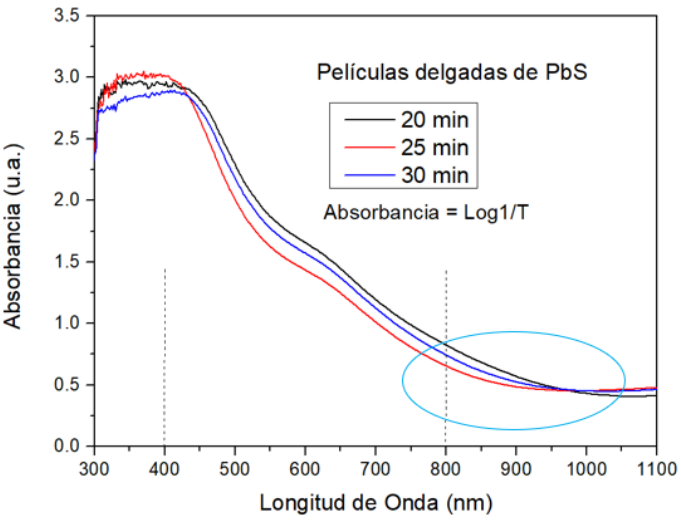


Figura 2. Espectros de absorción de las películas de 20, 25 y 30 minutos.

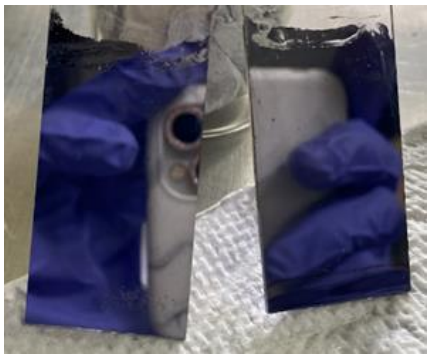


Figura 3. Películas de PbS.

A partir de la ubicación del borde de absorción se puede estimar la Energía Gap del material. En la figura 4 se ilustra el método de la Gráfica de *Tauc*, utilizado para el cálculo de Energía Gap de las películas semiconductoras sintetizadas.

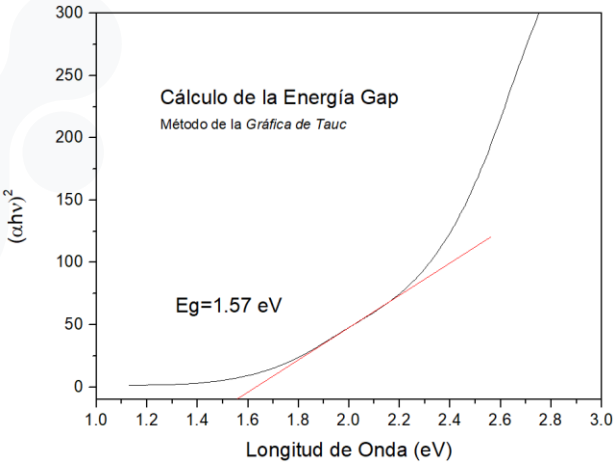


Figura 4. Gráfica de *Tauc* para el cálculo del ancho de banda de energías prohibidas.

En la tabla 1 se muestra el resultado del cálculo de la energía Gap de las películas de PbS sintetizadas, encontrando un valor promedio de 1.59 eV que contrasta ampliamente con el valor del PbS en bulk (0.41 eV). Este valor relativamente alto para la energía gap de este material, se explica por los efectos de confinamiento cuántico inducidos por la síntesis de una nanoestructura. Estos pueden representar una evidencia del orden nanométrico del espesor de los recubrimientos sintetizados de PbS.

Tabla 1. Valores de ancho de banda de energías prohibidas para las películas de PbS.

Muestra	Energía Gap (eV)
PbS 5 min	1.59
PbS 15 min	1.59
PbS 20 min	1.57
PbS 25 min	1.62
PbS 30 min	1.57
Promedio	1.59

Propiedades eléctricas de las películas de PbS

En la figura 5 se muestran los resultados de la caracterización eléctrica de las películas de PbS, cada punto representa el promedio de 10 mediciones repetidas de la resistencia eléctrica de muestras de los recubrimientos de toda la serie, sometidas a un programa de calentamiento entre 19 y 65 °C. El conjunto de resultados es evidencia del efecto de la temperatura en la variación de la resistencia eléctrica de estas películas semiconductoras. La resistencia eléctrica disminuye consistentemente en todos los casos, lo que se explica por la inducción de cambios energéticos que favorecen transiciones electrónicas desde la banda de valencia a la banda de conducción de las películas de PbS sintetizadas.

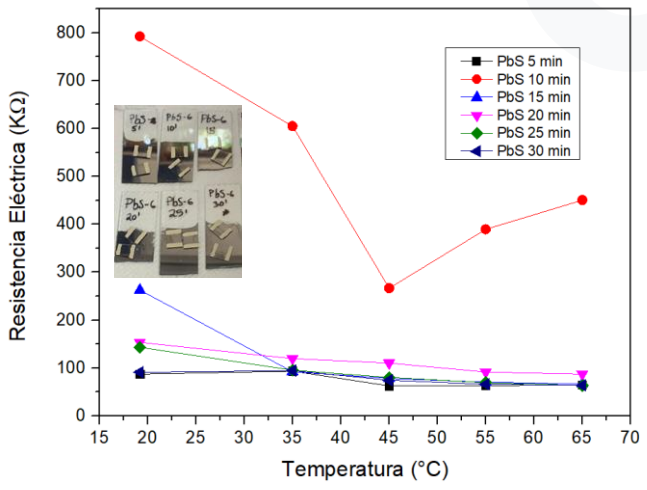


Figura 5. Valores promedio de mediciones repetidas de la resistencia eléctrica de las películas de PbS en función de la temperatura.

Para validar los datos de la figura 5, se calcularon los Coeficientes de Variación (CV), como medida estadística de dispersión de los datos de resistencia eléctrica de cada película.

Tabla 2. Cálculos de la dispersión de los datos de las mediciones de resistencia eléctrica de las películas de PbS.

Precisión de la medición, Repetibilidad Coeficientes de Variación = (Desviación Estándar/Promedio)*100						
Muestra	**19 °C**	**35 °C**	**45 °C**	**55 °C**	**65 °C**	**CV promedio**
PbS 5 min	0.21%	0.10 %	0.28 %	0.64 %	0.65 %	0.40%
PbS 10 min	5.72%	0.17 %	0.89 %	1.23 %	1.16 %	1.83%
PbS 15 min	0.3%	0.28%	0.13%	0.31%	0.38%	0.28%
PbS 20 min	0.14%	0.46%	2.91%	0.64%	0.24%	0.88%
PbS 25 min	0.25%	0.26%	0.26%	0.55%	0.84%	0.43%
PbS 30 min	0.24%	0.23%	0.17%	0.43%	0.63%	0.34%

Los coeficientes de variación calculados se presentan en la tabla 2. Se observa dato por dato que existe muy poca dispersión en los datos de resistencia eléctrica de las muestras de PbS, lo que valida la gráfica 5 construida con valores promedio y en consecuencia evidencia el potencial de este material como sensor de temperatura.

En consonancia con la idea de la evaluación del potencial de estos materiales, se tomaron los datos de las películas de 20 y 25 minutos, que mostraron el mejor ajuste del conjunto de datos al modelo lineal. En la gráfica de la figura 6 se reportan los resultados que demuestran que estas dos películas tienen el mayor potencial para el diseño de sensores de temperatura de PbS, se llega a esta conclusión a partir de dos indicadores importantes: el coeficiente de determinación R^2 y el valor absoluto de la pendiente de la curva de ajuste. Siendo R^2 mayor para el caso de la película de PbS de 20 minutos, lo que indica que el conjunto de datos se ajusta mejor al modelo lineal que los de la película de PbS de 25 minutos.

De la regresión lineal también se puede analizar una sensibilidad de respuesta de los sensores de PbS a la temperatura, dado por el valor absoluto de la pendiente de la curva. En este orden de ideas se observa que la película de 25 minutos tiene una mayor sensibilidad de respuesta a la temperatura que la de 20 minutos.

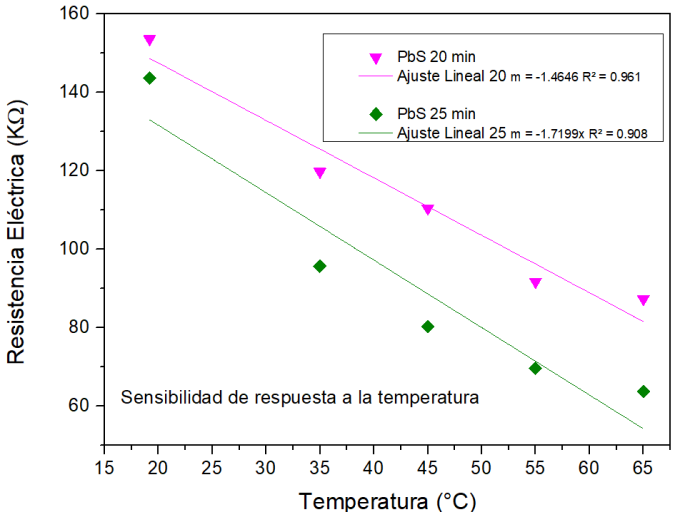


Figura 6. Ajustes lineales de las resistencias eléctricas de las películas de PbS, una medida su sensibilidad a los cambios de temperatura.

Una medida convencional de la respuesta de sensores resistivos de temperatura (RTD) comerciales, es el coeficiente de Resistencia-Temperatura (TCR) (Keyence, 2024). Los sensores RTD son sensores de alta precisión y de amplio rango de temperatura; se diseñan de metales como platino, cobre o níquel y su respuesta eléctrica es contraria a lo que se observó en este estudio, es decir, su resistencia eléctrica aumenta con la temperatura.

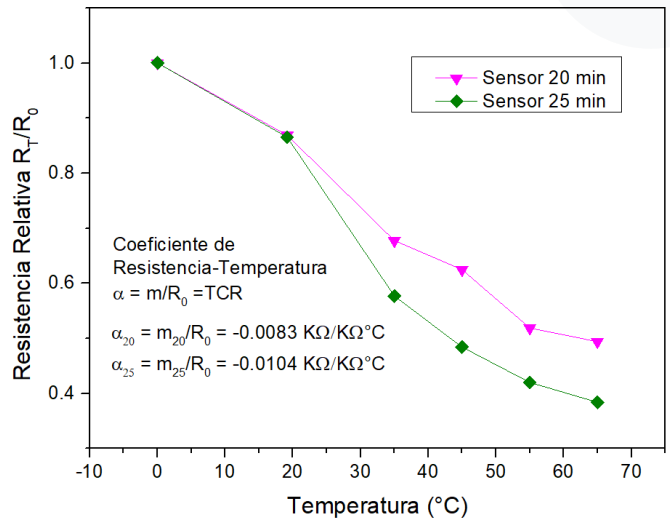


Figura 7. Resistencia relativa de los sensores de PbS de 20 y 25 min con respecto a la temperatura, y el cálculo del Coeficiente de Resistencia-Temperatura TCR.

En la figura 7 se muestran los resultados del cálculo de los coeficientes de resistencia-temperatura de los sensores de 20 y 25 minutos, dado a partir del cociente de la pendiente de la regresión lineal y la resistencia eléctrica a 0°C de la curva de Resistencia Relativa contra temperatura. Estos valores en magnitudes absolutas son comparables a los que se reportan para los sensores RTD de platino comerciales (0.00385 ohms/ohm, °C. (JMIndustrial, 2024)

Películas de ZnS

Propiedades ópticas películas de ZnS

En las figuras 8 y 9 se muestran los espectros de absorción y transmisión de las películas de ZnS. De las gráficas se pueden explicar las características macroscópicas observadas en la figura 10; son altamente transparentes en toda la región visible superior al 85%, mayor incluso para las películas con menor tiempo de depósito dado su menor espesor. En los espectros de absorción y transmisión de todo el conjunto de muestras, se aprecia una banda ubicada en la región UV, la cual se puede asociar a transiciones electrónicas promovidas en este material.

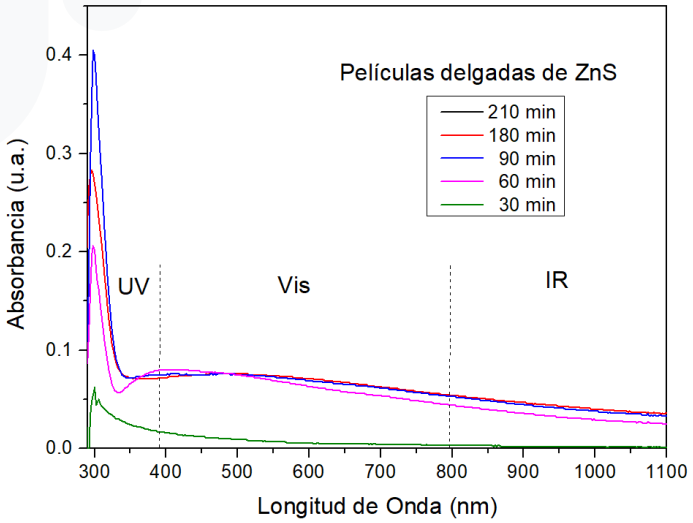


Figura 8. Espectros de absorción de las películas de ZnS de diferentes tiempos de depósito.

En el espectro de absorción de la figura 9, se comprueba que los materiales absorben intensamente la región UV, lo que es favorable como filtro en aplicaciones relacionadas con la protección contra la

fotodegradación, como en ventanas inteligentes bioclimáticas.

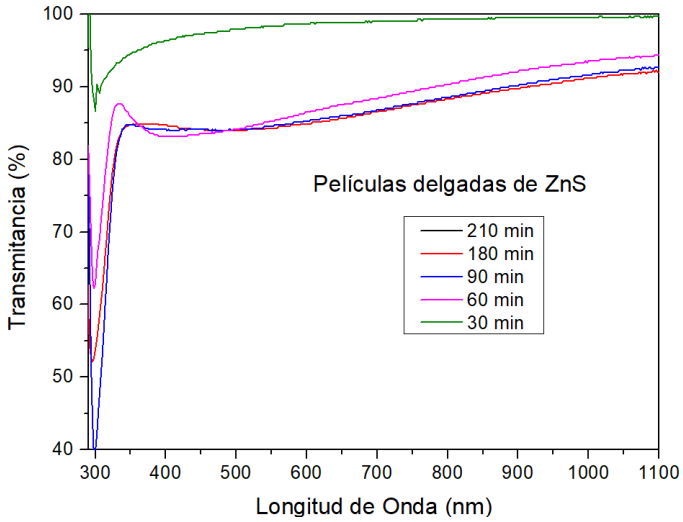


Figura 9. Espectros de transmisión de las películas de ZnS de diferentes tiempos de depósito



Figura 10. Películas delgadas de ZnS

El tiempo de depósito incrementa el espesor de los recubrimientos, con efectos ópticos favorables para la propiedad de filtro del UV, sin un sacrificio significativo en la visibilidad al interior de esta ventana inteligente.

En la tabla 3 se muestra el resultado del cálculo de la energía Gap para las películas de ZnS sintetizadas, datos que se determinaron empleando el método de la gráfica de *Tauc* (Figura 4).

Tabla 3 Valores de ancho de banda de energías prohibidas para las películas de ZnS

Muestra	Energía Gap (eV)
ZnS 30 min	3.75
ZnS 60 min	3.86
ZnS 90 min	3.81
ZnS 180 min	3.78
ZnS 210 min	3.80
Promedio	3.80

El valor promedio de la serie de 3.80 eV resultó cercano al reportado por nuestras referencias para películas delgadas (Serrano-Romero et al., 2021; Chakrabarti et al., 2024), y mayor al de 3.68 eV, valor reportado para el ZnS en bulk. Estos datos demuestran que se ha conseguido una nanoestructura en el proceso de la síntesis de estos recubrimientos. Dichos valores se explican en términos de los efectos de confinamiento cuántico que producen un corrimiento del borde de absorción hacia el azul, y en consecuencia valores mayores del ancho de banda de energías prohibidas (Chakrabarti et al., 2024).

Conclusiones

Se demuestra el potencial del Depósito Químico para la creación de dispositivos funcionales de películas delgadas de PbS y ZnS, sensores de temperatura, fotodetectores y filtros de radiación.

Se demuestra la sensibilidad de la resistencia eléctrica de películas de PbS, a la temperatura entre los 19 y 65 °C y la repetibilidad de sus propiedades eléctricas.

Se demuestra el potencial de las películas para el diseño de prototipos de sensor RTD de PbS, con coeficientes de resistencia-temperatura comparables a los RTD de platino comerciales.

Las películas delgadas de ZnS con alta transparencia en la región visible del espectro electromagnético, son aptas como ventanas inteligentes. Estos materiales presentan propiedades ópticas favorables para ser empleadas como bloqueadoras eficientes de la radiación ultravioleta.

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento al Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, por todas las atenciones y facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A los Departamentos de Ciencias Básicas y Metalmecánica y a los auxiliares de laboratorio Juan Carlos Méndez Méndez y Jesús Orduña Guerrero.

Al Programa de Nuevos Talentos Científico Tecnológico del Estado de Querétaro, a través de la y a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del TecNM Campus Querétaro.

Referencias

1. Ali, G., & Aswad, T. (2023). Structure and Optical properties of Lead Sulfide (PbS) Thin Film Prepared by Chemical Bath Deposition(CBD) Technique: A Review. Journal of University of Anbar for Pure Science, 17(2), 225–233. https://doi.org/10.37652/juaps.2023.181569
2. Arreola-Jardón, G., Peña-Sierra, R., Sánchez-Gutiérrez, G., & Hernández-Lara, A. (2010). Aplicaciones de transistores de película delgada. Películas sólidas delgadas, 519 (4), 1407-1414.
3. Bedoya Calle, Á. H. (2015). Fabricación y caracterización de películas delgadas de óxidos transparentes con aplicaciones ópticas (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
4. Choudhury, N., y Sarma, BK (2008). Nanocristales de sulfuro de plomo en sensores IR. Ciencia de materiales en procesamiento de semiconductores, 11 (2), 55-60.
5. Chakrabarti, A.; Alessandri, E. Syntheses, Properties, and Applications of ZnS-Based Nanomaterials. *Appl. Nano* 2024, *5*, 116-142. https://doi.org/10.3390/applnano5030010.
6. Diaz-Grijalva, O. I., Berman-Mendoza, D., Flores-Pacheco, A., López-Delgado, R., Ramos-Carrazco, A., & Álvarez-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.
7. JM Industrial. (04 de noviembre de 2024). JMIndustrial Technology S.A. de C.V. Obtenido de https://www.jmi.com.mx/literatura/
8. Keyence. (04 de noviembre de 2024). Obtenido de https://www.keyence.com/products/daq/data-loggers/applications/temperature-measurement/resistance-thermometer.jsp
9. Lin, W. M. M., Yarema, M., Liu, M., Sargent, E., & Wood, V. (2021). Nanocrystal quantum dot devices: How the lead sulfide (pbs) system teaches us the importance of surfaces. Chimia, 75(5), 398–413. https://doi.org/10.2533/CHIMIA.2021.398
10. E. Ordaz, A. González, G. Hernández, M. Saldaña, G. Moreno, D. García, R. Flores, Síntesis y caracterización de recubrimientos de ZnS químicamente depositados. Revista Nthe (2019) pp. 81–88.
11. 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. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022231318320398
12. Lin, W. M. M., Yarema, M., Liu, M., Sargent, E., & Wood, V. (2021). Nanocrystal quantum dot devices: How the lead sulfide (pbs) system teaches us the importance of surfaces. Chimia, 75(5), 398–413. https://doi.org/10.2533/CHIMIA.2021.398
13. Sengupta, S., Aggarwal, R., & Golan, Y. (2021). The effect of complexing agents in chemical solution deposition of metal chalcogenide thin films. Materials Chemistry Frontiers, 5(5), 2035–2050. https://doi.org/10.1039/d0qm00931h
14. Serrano-Romero, M., Gómez-Guzmán, O., Jiménez-Flores, Y. *et al.* Nanostructured ZnS obtained by a simple and low-cost chemical deposition method for clean energy thin film devices. *MRS Advances* **6**, 996–1000 (2021). https://doi.org/10.1557/s43580-021-00199-7.
15. TANDY, L. M. F. (2013). Materiales Cromogénos Base Poliéster-Sol-Gel de Titania Estudio exploratorio y optimización de sus propiedades como recubrimientos.
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.

Síntesis de materiales semiconductores para la reducción de metales pesados.

"Explorar la síntesis de materiales semiconductores ofrece una vía innovadora para la reducción de metales pesados, transformando desechos industriales en soluciones sostenibles que protegen nuestro medio ambiente."

Asesora: Dra. Yolanda Jiménez Flores,

yolanda.jf@queretaro.tecnm.mx

Instituto Tecnológico de México Campus Querétaro.

Resumen

La síntesis de materiales semiconductores para la reducción de metales pesados se centra en desarrollar compuestos que pueden facilitar la eliminación y transformación de contaminantes metálicos en ambientes acuáticos y terrestres. Estos materiales, a menudo basados en óxidos, sulfuros o compuestos híbridos, aprovechan sus propiedades electrónicas y foto catalíticas para degradar o inmovilizar metales pesados, como el plomo, cadmio y mercurio.

Los procesos de síntesis incluyen métodos sol-gel, hidrotermales y de deposición química, permitiendo ajustar las propiedades estructurales y ópticas de los semiconductores. La aplicación de luz, particularmente luz UV, activa estos materiales, promoviendo reacciones químicas que reducen la toxicidad de los metales pesados. Además, se investiga la modificación de las superficies de estos semiconductores para mejorar su eficiencia y selectividad en la captura de contaminantes.

Summary.

The synthesis of semiconductor materials for the reduction of heavy metals focuses on developing compounds that can facilitate the removal and transformation of metallic contaminants in aquatic and terrestrial environments. These materials, often based on oxides, sulfides, or hybrid compounds, leverage their electronic and photocatalytic properties to degrade or immobilize heavy metals such as lead, cadmium, and mercury.

Synthesis processes include sol-gel methods, hydrothermal techniques, and chemical deposition, allowing for the adjustment of the structural and optical properties of the semiconductors. The application of light, particularly UV light, activates these materials, promoting chemical reactions that reduce the toxicity of heavy metals. Additionally, research is being conducted on modifying the surfaces of these semiconductors to improve their efficiency and selectivity in capturing pollutants.

1. Semiconductores
2. Metales pesados
3. Reducción
4. Contaminantes
5. Síntesis
6. Óxidos
7. Sulfuros
8. Compuestos híbridos
9. Propiedades electrónicas
10. Fotocatálisis

1.Semiconductors
2. Heavy metals
3. Reduction
4. Contaminants
5. Synthesis
6. Oxides
7. Sulfides
8. Hybrid compounds
9. Electronic properties
10. Photocatalysis

La contaminación por metales pesados representa uno de los desafíos ambientales más significativos en el mundo actual. Sustancias como el plomo, cadmio y mercurio son tóxicas para los ecosistemas y la salud humana, y su eliminación eficaz es crucial para la sostenibilidad ambiental. En este contexto, los materiales semiconductores han emergido como una solución prometedora debido a sus propiedades únicas, que les permiten participar en reacciones químicas de degradación y transformación de contaminantes.

La síntesis de estos materiales se centra en desarrollar compuestos que no solo faciliten la reducción de metales pesados, sino que también optimicen su capacidad para funcionar en diversas condiciones ambientales. Utilizando métodos como la síntesis sol-gel, hidrotermales y de deposición química, se pueden ajustar las propiedades estructurales y ópticas de los semiconductores, mejorando su eficiencia y selectividad en la captura de contaminantes.

Además, el uso de luz, especialmente luz UV, activa estos semiconductores, desencadenando reacciones fotocatalíticas que contribuyen a la degradación de los metales pesados. Esta investigación no solo busca mitigar la contaminación, sino también desarrollar estrategias sostenibles para el tratamiento de aguas y suelos contaminados, ofreciendo una vía hacia un futuro más limpio y saludable.

Metodología.

La fotocatálisis puede ser utilizada en la síntesis de hidroxiapatita mediante la aplicación de materiales semiconductores fotocatalíticos que inducen reacciones químicas bajo la acción de la luz. Estos materiales son capaces de absorber la luz y utilizar la energía para promover reacciones químicas que resultan en la formación de hidroxiapatita.

Se elige un material semiconductor fotocatalítico adecuado, como el dióxido de titanio(TiO2). Este material debe de ser capaz de generar pares electrón-hueco bajo la exposición a la luz UV o visible.

Se comenzó con la preparación de una solución acuosa de Ca(NO3)2·4H2O y Na3PO4,ambos a temperatura ambiente (25 °C). La síntesis continuó añadiendo gota a gota la primera solución a la solución de Na3PO4. Finalmente, la mezcla resultante se mantuvo bajo agitación continua a temperatura ambiente durante 24 horas. Todas las soluciones precursoras se prepararon a una concentración de 0,1 M, empleando agua desionizada(DI) como disolvente.

Es importante recalcar que se controló el pH de la solución con ácido fosfórico.

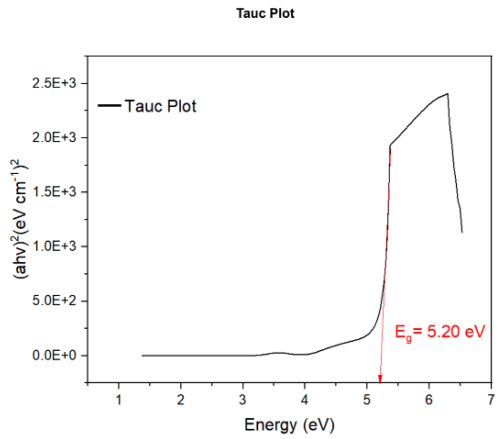
Como segundo paso, se utilizó dióxido de titanio (TiO2) en su forma pura, con una purezadel ().

Para el desarrollo de la investigación, se empleó la técnica de fotocatálisis heterogéneacon ambos reactivos utilizados como catalizadores. Se utilizó una solución problema decromo hexavalente con una concentración de 50 ppm, la cual se hizo reaccionar con

hidróxido de sodio. Posteriormente, se añadió el catalizador (TiO2-HAP) y ácido cítrico como agente sacrificial. Se utilizó un reactor tipo batch, que consistió en agitación continua sin recirculación del desecho en un proceso aeróbico. Este sistema consistió en un beaker (elaborado en vidrio de borosilicato) con un volumen de 1000 ml, en el cual se introdujo una lámpara de luz negra con radiación UV. En todos los ensayos realizados, el reactor se cubrió para permitir que las radiaciones UV emitidas por la lámpara se concentraran con mayor intensidad en el interior del reactor, favoreciendo así los procesos de oxidación de la sustancia contaminante.La solución se dejó en agitación constante durante 30 minutos en completa oscuridad. Tras este tiempo, se inició el proceso de fotocatálisis utilizando luz UV, y se monitoreó cada 30 minutos para verificar la reacción.Posteriormente las muestras se someten a un estudio UV-VIS para conocer su longitud de onda de cada muestra.

Resultados.

En la siguiente gráfica se realizó la prueba de uv-vis HAp para obtener su band gap



A continuación se muestra la prueba de uv vis. donde se puede observar el cromo

estando en su forma de ácido crómico.

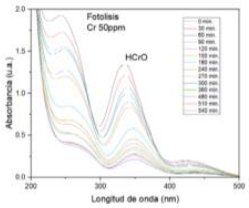
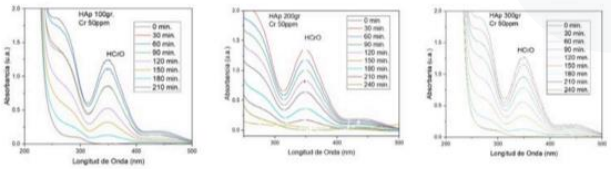
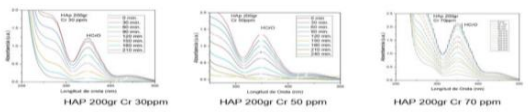


Figura (3) fotolisis, concentración Cr 50 ppm



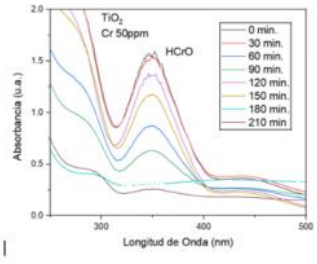
HAP 100gr Cr 50 ppm HAP 200gr Cr 50 ppm HAP 300 gr Cr 50ppm



HAP 200gr Cr 30ppm HAP 200gr Cr 50 ppm HAP 200gr Cr 70 ppm

Por último se hizo la prueba, utilizando TiO2 como catalizador, (en una solución problema con concentración de 50 ppm.)siendo este el más usado en fotocatálisis heterogénea.

Se obtuvo un resultado bastante similar al de HAp,ya que obtuvo un tiempo de 210 min.(3.5hrs).Siendo este el más eficaz según la literatura.



Conclusión.

Como conclusión la HAp no solo es una promesa como biomaterial. Si no que también ha mostrado tener propiedades como un semiconductor viable a pesar de su band gap amplio.

Se justifican estos resultados, debido a la concentración del reactivo (Cr) ya que sí está es alta, todos los sitios activos del semiconductor estarán ocupados. Así que al aumentar la cantidad del semiconductor no aumentará la velocidad de reacción, ya que los sitios adicionales no estarán accesibles para más reactivos.

Así mismo al aumentar o disminuir la concentración (del reactivo), se obtuvieron los resultados desfavorables, ya que, si todos estos sitios están ocupados por moléculas del reactivo, no hay lugares disponibles para que nuevas moléculas del reactivo se absorban y reaccionen.

Referencias.

- Sarria-Villa, R., Gallo-Corredor, J., & Benítez-Benítez, R. (2020). Tecnologías para remover metales pesados presentes en aguas. Caso Cromo y Mercurio. Journal

deCiencia E IngenieríA/Journal de Ciencia E Ingenieria, 12(1), 94-109.https://doi.org/10.46571/jci.2020.1.8

- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (s. f.). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico.http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010
- Alejandro, M. B. D., & Consuelo, M. B. A. (s. f.). Tratamiento fotocatalítico de aguas residuales generadas en laboratorios con presencia del indicador verde de bromocresol.http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492011000100004#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20fotocat%C3%A1lisis%20heterog%C3%A9nea,contaminantes%20en%20muchos%20efluentes%20l%C3%ADquidos.
- Córdoba, J. a. M., Narváez, G. S. E., & Arango, W. M. (2018). Remoción de Cr (Vi)en residuos líquidos de laboratorios de servicios analíticos por fotocatálisis heterogénea y bioadsorción. Produccion + Limpia/ProducciÓN + Limpia, 13(1),30–42. https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a3
- Pavas, E. G., Limpias, M. C., & Jiménez, S. a. J. (2003). Foto-oxidación del sistema cromo hexavalente-4-clorofenol. Revista Universidad EAFIT. https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/90
- Ramos, R. L., Mendoza, E. M., Esmeralda, M. M., & Roberto, L. R. (2024, January
- Mohan, D., Singh, K. P., and Singh, V. K. “Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste

material and activated carbon fabric cloth,” J. Hazard. Mater., vol. 135, no. 1-3, pp. 280-295, 2006.

● Hidroxiapatita | CMEMaterials. (s. f.).

http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/hidroxiapatita

● Villani, A. (s. f.). Caracterización físico-química y cerámica de hidroxiapatitasproducidas por distintos métodos de síntesis: Parte II: Efectos del tratamiento térmico.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652015000100020

● Prtr-Vazquez. (n.d.). Cr (Cromo y compuestos) | PRTR España. https://prtr-es.es/Cr-Cromo-y-compuestos,15606,11,2007.html

N,S-CQD soportados en nanopartículas de oro como material fotoresponsivo

Luis Emiliano Ramírez Montoya [a], Dr. Carlos Guzmán Martínez [b], M. en C. Jaime Moroni Mora Muñoz [c] y Dra. Minerva Guerra Balcázar [d].

[a] *Facultad de ingeniería, Universidad autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Carr. a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, 76140 Santiago de Querétaro, Qro. lramirez101@alumnos.uaq.mx*

[b] *Facultad de ingeniería, Universidad autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Carr. a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, 76140 Santiago de Querétaro, Qro. cguzman@uaq.mx*

[c] *Facultad de ingeniería, Universidad autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Carr. a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, 76140 Santiago de Querétaro, Qro. j.m.37295@gmail.com*

[d] *Facultad de ingeniería, Universidad autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Carr. a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, 76140 Santiago de Querétaro, Qro. j.m.37295@gmail.com*

Resumen

Los materiales fotoresponsivos tienen gran variedad de aplicaciones debido a sus características de luminiscencia ante diferentes longitudes de onda. Estos materiales son una de las formas más sencillas y atractivas de identificar un biomarcador, lo que puede ayudar en la detección de enfermedades o en el monitoreo de su progreso. Un material que destaca por esta característica son los puntos cuánticos de carbono. Por ello, en este trabajo se sintetizaron puntos cuánticos de carbono dopados con nitrógeno y azufre (N,S-CQD's) a partir de ácido cítrico y tiourea mediante el método hidrotermal, soportándolos de tres maneras diferentes sobre nanopartículas de oro. Se observó una fluorescencia verdosa en los N,S-CQD's bajo luz ultravioleta, la cual cambió a azul cuando se soportaron sobre las nanopartículas de oro, observándose el efecto de quenching. Se realizó una voltamperometría cíclica para determinar las propiedades de los puntos cuánticos de carbono.

Palabras clave: Fluorescencia, puntos cuánticos de carbono, hidrotermal, tiourea, ácido cítrico, nanopartículas de oro, efecto de quenching.

Abstract

Photoresponsive materials have a wide range of applications due to their luminescent properties under different wavelengths. These materials are one of the simplest and most attractive ways to identify a biomarker, which can aid in disease detection or monitoring its progression. A material that stands out for this characteristic is carbon quantum dots. Therefore, nitrogen and sulfur-doped carbon quantum dots (N,S-CQDs) were synthesized from citric acid and thiourea using the hydrothermal method, supporting them in three different ways on gold nanoparticles. A greenish fluorescence was observed in the N,S-CQDs under ultraviolet light, which changed to blue when supported on the gold nanoparticles, showing the quenching effect. A cyclic voltammetry was performed to determine the properties of the carbon quantum dots.

Keywords: Photoresponsive, carbon quantum dots, hydrothermal, thiourea, citric acid, gold nanoparticles, quenching effect.

Introducción

Los materiales fotoresponsivos se caracterizan por actuar ante la incidencia de diferentes longitudes de onda, ya sea luz visible, luz en el rango ultravioleta o infrarrojo. Este tipo de materiales han cobrado una gran relevancia en los últimos años por las diferentes aplicaciones que pueden llegar a tener, entre ellas se encuentra la posibilidad de generar bioimágenes o incluso detectar biomarcadores.

Un biomarcador es una característica que puede ser medida y evaluada objetivamente como un indicador de procesos biológicos y patológicos (una enfermedad o condición física de un organismo vivo), o respuestas farmacológicas en intervenciones terapéuticas (Mousavi et al., 2022; Samprathi & Jayashree, 2021). En otras palabras, los biomarcadores pueden ser propiedades biológicas, moléculas, células, genes, enzimas u hormonas (Mousavi et al., 2022). Por ello que los biomarcadores han cobrado gran relevancia en

los últimos años para una detección más rápida y efectiva de enfermedades infecciosas. Por este motivo la investigación de nuevas formas de poder detectar estos biomarcadores de una manera más sencilla y precisa es crucial para asegurar el correcto tratamiento de una persona o un animal, junto con una mejor calidad de vida.

Actualmente hay diferentes técnicas que se pueden utilizar para poder identificar biomarcadores de diferentes maneras, entres estas podemos encontrar enzimoinmunoanálisis de adsorción (ELISA), la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), resonancia de plasmón superficial, colorimetría, pruebas electroquímicas, espectroscopía Raman de superficie mejorada y uno de los más sencillos que es la fluorescencia (Heydari-Bafrooei & Ensafi, 2023).

Sin embargo, estas técnicas tienen limitaciones. Por ejemplo, el costo en el caso de las pruebas ELISA, PCR y el uso de otras enzimas o anticuerpos es que necesitan de condiciones especiales de almacenamiento (Heydari-Bafrooei & Ensafi, 2023; Ye et al., 2018). En el caso de la fluorescencia las limitaciones se encuentran en los materiales que se utilicen para poder apreciar este fenómeno, pueden ser tintes orgánicos, o incluso nanomateriales como puntos cuánticos (QD's) y estructuras metal orgánicas (MOFs), pero estos últimos tienen limitaciones debido a su solubilidad en agua, algunos pueden ser contaminantes o tóxicos, y en el caso de los tintes orgánicos pierden esa capacidad de fluorescencia con el tiempo (fotoblanqueo) (Chu et al., 2020).

Los puntos cuánticos de carbono (CQD's) representan una alternativa atractiva para la detección de biomarcadores mediante la técnica de fluorescencia (respuesta a un estímulo lumínico que puede estar en diferentes longitudes de onda). Los CQD's son una especie de alótropos de carbono de forma cuasiesférica descubiertos en 2004 con un tamaño de alrededor de 10 nm.

Si bien la competencia directa de los CQD's son los QD's tradicionales al tener una alta fotoestabilidad, un largo tiempo de vida y resistencia al fotoblanqueo, estos se pueden acumular en el sistema reticuloendotelial, si se llegan a introducir en un organismo son muy difíciles de eliminar, además de que son altamente tóxicos en sistemas in vivo (Mousavi et al., 2022). Los CQD's se destacan por ser económicos, tener una baja citotoxicidad, buena biocompatibilidad, son inertes químicamente, y tienen propiedades ópticas estables, entre ellas una buena fotoluminiscencia emitiendo una amplia gama de longitudes de onda (Chan et al., 2019; Cui et al., 2021) . Además, el dopar con heteroátomos puede modular la superficie, así como las propiedades químicas de los CQD's (Zhang et al., 2018), mejorando así sus propiedades ópticas (Safardoust-Hojaghan et al., 2019); se ha demostrado que el usar nitrógeno y azufre aumenta la densidad electrónica de los CQD's, lo que ayuda a lograr un mejor rendimiento cuántico mediante la introducción de defectos para proporcionar un nivel de energía adicional (Shaik et al., 2022).

Así mismo, el soportar los CQD's en nanopartículas de oro (Au NP's) es bastante viable con la ayuda de grupos funcionales como el grupo tiol (-SH), pues el oro tiene una gran reactividad hacia este grupo formando un fuerte enlace covalente, haciendo que los CQD's queden sobre la superficie (Ye et al., 2018). Esto haría esperar que se produzca un más eficiente efecto de quenching (desactivación fluorescente) de la fotoluminiscencia de los CQD's, lo cual es beneficioso, pues se ha demostrado que el anclaje o soporte de nitrógeno y azufre podría producir una transferencia de energía más eficiente entre las Au NP's y los CQD's, lo que da como resultado un fondo menos fluorescente obteniendo así una mayor sensibilidad (Li et al., 2018).

En este trabajo se sintetizaron puntos cuánticos de carbono dopados con nitrógeno y azufre (N, S-CQD's) a partir de ácido cítrico y tiourea por método hidrotermal, para posteriormente soportarlas en Au NP's las cuales fueron sintetizadas por el método de Turkevich, para evaluar su uso como material fotoresponsivo para su posible uso para la detección de biomarcadores.

Metodología

Síntesis de puntos cuánticos de carbono dopados con nitrógeno y azufre

La síntesis de puntos cuánticos dopados con nitrógeno y azufre (N, S-CQD's) se realizó por método hidrotermal modificando el procedimiento de Zhou et al., (Zhou et al., 2022) y de Safardoust-Hojagham (Safardoust-Hojaghan et al., 2019), utilizando ácido cítrico y tiourea como precursores de carbono y de nitrógeno y azufre respectivamente. Primeramente, se disolvieron 1 g de ácido cítrico y 0.4 g de tiourea (relación 1:1 M) en 20 mL de agua destilada y se mezcló hasta obtener una solución homogénea (solución precursora). Posteriormente se pasó la solución a un reactor de autoclave de teflón y se calentó a 180°C durante 12 horas; finalmente, se dializaron por 24 horas (Fig. 1).

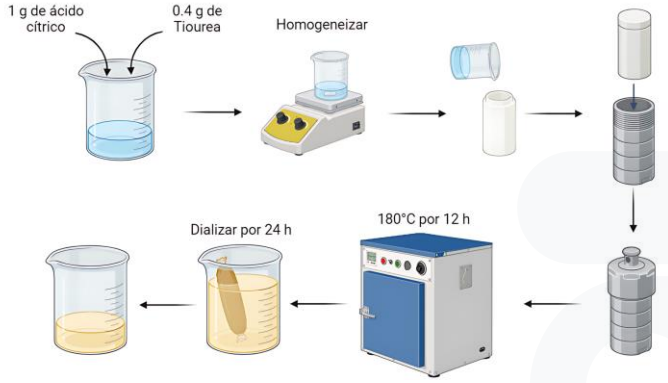


Fig. 1 Síntesis de puntos cuánticos de carbono dopados con nitrógeno y azufre

Síntesis de Nanopartículas de oro

Para la síntesis de nanopartículas de oro se siguió el método de Turkevich, un método de reducción. Para esto primero se preparó una solución de 20 ml de citrato de sodio a una concentración de 10 mg/ml, en seguida se calentaron 40 ml de agua destilada a 90°C y una vez llegada esta temperatura se mezclaron 0.4 ml de una solución de ácido cloroáurico (HAuCl4) y 5 ml de la solución de citrato de sodio dihidratado, manteniendo una temperatura constante durante 20 minutos.

Síntesis de N, S-CQD's soportados en nanopartículas de oro.

Para el presente trabajo se realizaron tres maneras de soportar los CQD's en las nanopartículas de oro. La primera consistió en sintetizar primero las nanopartículas de oro y mezclarlas con 20 ml la solución precursora de los puntos cuánticos de carbono. Para que al igual que el blanco se introdujeran al horno en un reactor de autoclave de teflón a 180°C por 12 horas (N, S-CQD's/Au NP's I).

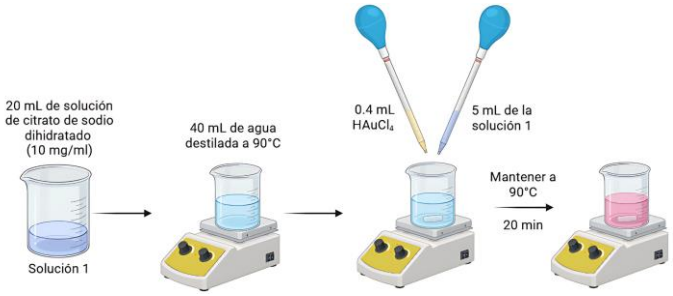


Fig. 2 Proceso de síntesis de las nanopartículas de oro (Au NP's) por el método de Turkevich.

Para la segunda manera se preparó la solución precursora de puntos cuánticos de carbono y a diferencia del procedimiento que se describió para realizar la síntesis de nanopartículas de oro, esta vez no se sometió a temperatura los 40 ml de agua destilada, pero de igual manera se mezcló con ácido cloroáurico y citrato de sodio para posteriormente también mezclar con la solución precursora de N, S-CQD's. Colocando esta mezcla de ambas soluciones precursoras en un reactor de autoclave de teflón que se introdujo al horno por 12 horas a 180°C (N, S-CQD's/Au NP's II).

Para la tercera manera de soportar los N, S-CQD's en las nanopartículas de oro se mezclaron los N,S-CQD's con las nanopartículas de oro ambos ya sintetizados previamente. Introduciendo la mezcla al horno en las mismas condiciones que en los casos anteriores (N,S-CQD's/Au NP's III). En los tres casos se dializaron por 24 horas.

Resultados

En los N, S-CQD's podemos observar que a simple vista se tiene una solución amarilla, pero cuando se colocaron bajo luz UV estos emitieron una fluorescencia verdosa, pudiendo comprobar así la formación de puntos CQD's (Fig. 3a), y una buena fotorespuesta. Por su parte, la solución de nanopartículas de oro tomó un color rojizo (Fig. 4), lo cual nos indica que las nanopartículas rondan un tamaño de 5 nm aproximadamente.

Sin embargo, al soportar los N, S-CQD's sobre las nanopartículas de oro, su comportamiento ante la luz cambia, para el caso de los N, S-CQD's/Au NP's I se observa que a simple vista la solución se ve de un color amarillento muy claro, casi transparente y que al colocarla bajo luz UV toma una fluorescencia color azul pero menos intensa, lo que refleja el efecto de quenching, esto y el cambio de color se debe a la presencia de las nanopartículas de oro.

Para el caso de los N, S-CQD's/Au NP's II la apariencia de la solución sigue siendo amarillo, pero ahora mucho más claro que el anterior; por otro lado, bajo la luz UV se ve que se intensificó la fluorescencia azul. Por último, al solución de N,S-CQD's/Au NP's III se obtuvo bajo luz visible un color amarillo opaco y una fluorescencia azul más clara, pero más intensa que los N, S-CQD's soportados en nanopartículas de oro anteriores.

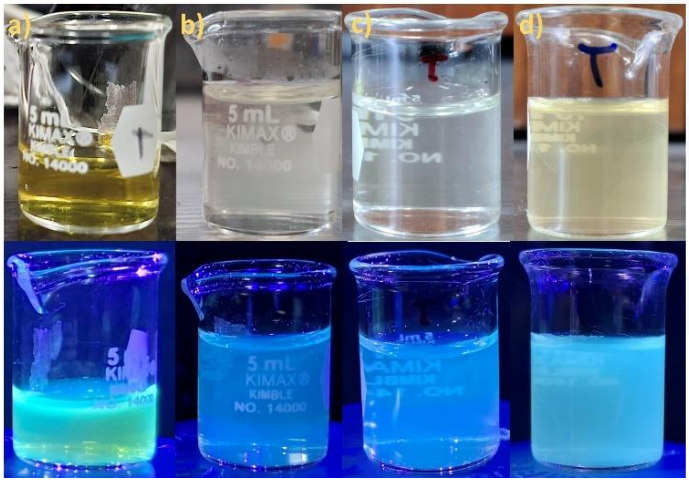


Fig. 3 Soluciones de los diferentes puntos cuánticos de carbono sintetizados vistos con luz visible y bajo luz ultravioleta, a) N, S-CQD's, b) N, S-CQD's/Au NP's I, c) N, S-CQD's/Au NP's II y d) N,S-CQD's/Au NP's III.

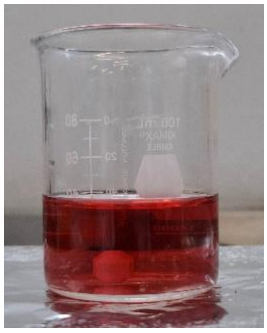


Fig. 4 Solución de nanopartículas de oro.

Caracterizaciones

Para realizar la voltamperometría cíclica se mezclaron los puntos cuánticos con alcohol isopropílico y nafión para poder tener un mejor fijamiento de los puntos cuánticos.

A continuación, se presentan las voltamperometrías de las nanopartículas de oro (Fig. 5) y de los N,S-CQD's/Au NP's III (*Fig. 6*).

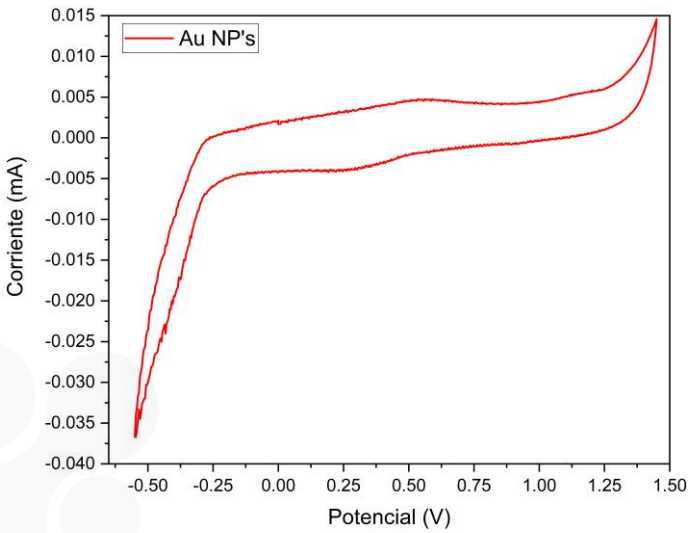


Fig. 5 Voltamperometría cíclica de las nanopartículas de oro.

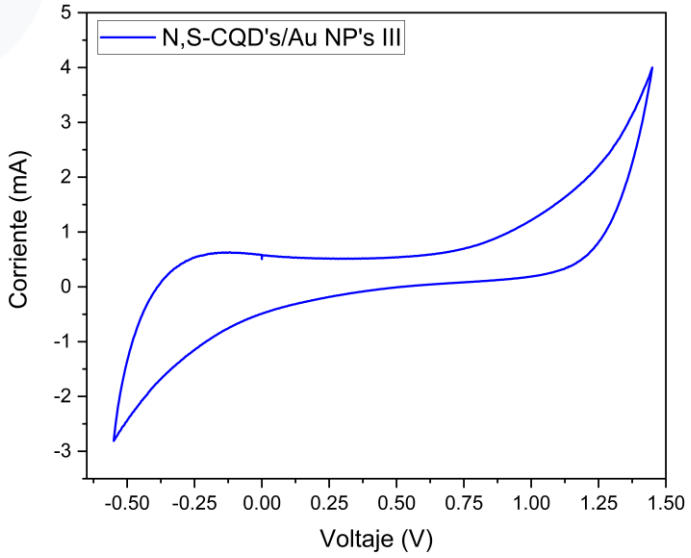


Fig. 6 Voltamperometría cíclica de N,S-CQD's/Au NP's III.

En el caso de las nanopartículas de oro (Fig. 5) podemos observar el proceso de oxidación del oro

(Au_2O_3) en un potencial de 1.15 V, mientras que la reducción del óxido de oro se ve observa aproximadamente en un potencial de -0.40 V. Lo que se puede ver es que estas dos señales están muy bien definidas. Además, hay dos señales entre 0 y 0.75 V que indican la presencia de quinonas e hidroquinonas del soporte.

Por su parte, la voltamperometría de los N,S-CQD's/ Au NP's III (Fig. 6) tiene señales menor intensidad en los potenciales correspondientes a las Au NP's, lo que sugiere la pasivación de la superficie con los puntos cuánticos, es decir, no se permite el intercambio de electrones del material con el electrolito como consecuencia de la fuerte interacción entre el azufre de los puntos cuánticos y las nanopartículas de oro.

Discusión y Conclusiones

Como podemos observar a lo largo de los resultados expuestos, se soportaron correctamente los puntos cuánticos de carbono dopados con nitrógeno y azufre sobre las nanopartículas de oro, lo cual se confirmó mediante la voltamperometría cíclica.

Derivado de sus características fisicoquímicas el material pudiera ser utilizado como material fotoresponsivo para diversas aplicaciones como la detección de marcadores biológicos o incluso su implementación en celdas solares. Esto derivado de su respuesta lumínica, así como del uso de materiales cuyas características han sido previamente utilizadas para estas funcionalidades.

Referencias

Chan, K. K., Yang, C., Chien, Y.-H., Panwar, N., & Yong, K.-T. (2019). A facile synthesis of label-free carbon dots with unique selectivity-tunable characteristics for ferric ion detection and cellular imaging applications. *New Journal of Chemistry*, *43*(12), 4734–4744. https://doi.org/10.1039/C8NJ06306K

Chu, H. W., Unnikrishnan, B., Anand, A., Lin, Y. W., & Huang, C. C. (2020). Carbon quantum dots for the detection of antibiotics and pesticides. En *Journal of Food and Drug Analysis* (Vol. 28, Número 4, pp. 539–557). Taiwan Food and Drug Administration. https://doi.org/10.38212/2224-6614.1269

Cui, L., Ren, X., Sun, M., Liu, H., & Xia, L. (2021). Carbon Dots: Synthesis, Properties and Applications. *Nanomaterials*, *11*(12), 3419. https://doi.org/10.3390/nano11123419

Heydari-Bafrooei, E., & Ensafi, A. A. (2023). Nanomaterials-based biosensing strategies for biomarkers diagnosis, a review. *Biosensors and Bioelectronics: X*, *13*, 100245. https://doi.org/10.1016/j.biosx.2022.100245

Li, J., Rao, X., Xiang, F., Wei, J., Yuan, M., & Liu, Z. (2018). A photoluminescence "switch-on" nanosensor composed of nitrogen and sulphur co-doped carbon dots and gold nanoparticles for discriminative detection of glutathione. *The Analyst*, *143*(9), 2083–2089. https://doi.org/10.1039/C8AN00168E

Mousavi, S. M., Hashemi, S. A., Yari Kalashgrani, M., Omidifar, N., Lai, C. W., Vijayakameswara Rao, N., Gholami, A., & Chiang, W. H. (2022). The Pivotal Role of Quantum Dots-Based Biomarkers Integrated with Ultra-Sensitive Probes for Multiplex Detection of Human Viral Infections. En *Pharmaceuticals* (Vol. 15, Número 7). MDPI. https://doi.org/10.3390/ph15070880

Safardoust-Hojaghan, H., Amiri, O., Hassanpour, M., Panahi-Kalamuei, M., Moayedi, H., & Salavati-Niasari, M. (2019). S,N co-doped graphene quantum dots-induced ascorbic acid fluorescent sensor: Design, characterization and performance. *Food Chemistry*, *295*, 530–536. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.169

Samprathi, M., & Jayashree, M. (2021). Biomarkers in COVID-19: An Up-To-Date Review. *Frontiers in Pediatrics*, *8*. https://doi.org/10.3389/fped.2020.607647

Shaik, M. A. S., Samanta, D., Shaw, M., Mondal, I., Basu, R., & Pathak, A. (2022). Fluorescent N, S co-doped carbon dots for tartrazine sensing and mechanistic perception of their radical scavenging activity. *Sensors and Actuators Reports*, *4*, 100127. https://doi.org/10.1016/j.snr.2022.100127

Ye, F., Zhao, Y., El-Sayed, R., Muhammed, M., & Hassan, M. (2018). Advances in nanotechnology for cancer biomarkers. *Nano Today*, *18*, 103–123. https://doi.org/10.1016/j.nantod.2017.12.008

Zhang, J., Wang, J., Fu, J., Fu, X., Gan, W., & Hao, H. (2018). Rapid synthesis of N, S co-doped carbon dots and their application for Fe3+ ion detection. *Journal of Nanoparticle Research*, *20*(2), 41. https://doi.org/10.1007/s11051-018-4141-6

Zhou, H., Ren, Y., Li, Z., He, W., & Li, Z. (2022). Selective Detection of Fe3+ by Nitrogen–Sulfur-Doped Carbon Dots Using Thiourea and Citric Acid. *Coatings*, *12*(8), 1042. https://doi.org/10.3390/coatings12081042

CalleSegura: Herramienta de recopilación y análisis de incidencias delictivas

Marco Antonio Olvera-Torres*; Marco E. Bautista-Olvera; Diego Pérez-Vega; Jorge Luis Pérez-Ramos*

Facultad de Informática, Universidad Autónoma de Querétaro, Juriquilla, Querétaro, 76230, México.

*Correspondencia:
molvera188@alummos.uaq.mx;
jorge.luis.perez@uaq.mx

Resumen. El ENVIPE una encuesta realizada por el INEGI cada año, muestra claramente que la mayor preocupación de todos los mexicanos es la inseguridad, debido a ello la ciudadanía se priva de realizar actividades cotidianas o comunes. Además la inseguridad tiene un enorme impacto negativo en la economía provocando daños que tienen que ser reparados y gastos en medidas preventivas. Respecto a las autoridades, una de las principales fuentes de información para poder hacer un diagnóstico de la criminalidad de las comunidades que tienen bajo su cuidado y así tomar medidas contra la inseguridad son las denuncias, más sin embargo esta misma encuesta muestra que sólo alrededor del 10% de los delitos cometidos son denunciados, provocando una enorme diferencia entre lo que pasa en las calles y lo que las autoridades conocen, en este escenario el presente proyecto desarrolló una herramienta tecnológica escalable que recopila todo aquella información que se escapa a los registros de las autoridades, por medio la implementación de un sistema de reportes, facilitando a la ciudadanía el reportar lo que les ha pasado de manera anónima independientemente de si han decidido denunciar o no, con lo anterior se busca crear una base de datos actualizada en tiempo real, que permita a las autoridades tomar medidas eficientes en sus planeaciones y a los ciudadanos el tomar medidas preventivas bien informadas.

Palabras clave: Seguridad pública, SIG, Participación ciudadana, Mapas de riesgo, Prevención del delito.

Abstract. The ENVIPE, a survey carried out by INEGI each year, clearly shows that the greatest concern of all Mexicans is insecurity, due to which citizens are deprived of carrying out daily or common activities. Furthermore, insecurity has a huge negative impact on the economy, causing damage that has to be repaired and spending on preventive measures. Regarding the authorities, one of the main sources of information to be able to make a diagnosis of the crime of the communities under their care and thus take measures against insecurity are complaints, however this same survey shows that only around 10% of the crimes committed are reported, causing an enormous difference between what happens on the streets and what the authorities know. In this scenario, this project developed a scalable technological tool that collects all the information that escapes the records of the authorities, through the implementation of a reporting system, making it easier for citizens to report what has happened to them anonymously regardless of whether they have decided to report it or not, with the above they seek to create a database updated in real time, which allows authorities to take efficient measures in their planning and citizens to take well-informed preventive measures.

Keywords: Public safety, GIS, Citizen participation, Risk maps, Crime prevention.

Introducción

Cada año el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realiza la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre la Seguridad Pública (ENVIPE), y cada nueva publicación deja en evidencia que la mayor preocupación de los mexicanos es la inseguridad.

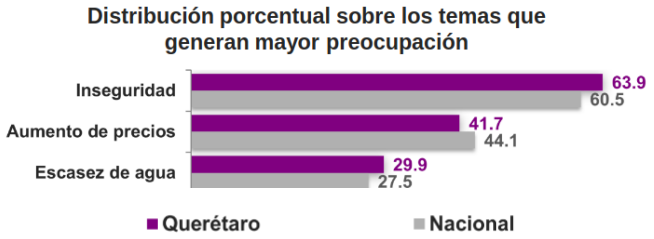


Figura 1 Temas que generan mayor preocupación en la población (ENVIPE, 2023).

La inseguridad ocasiona enormes daños a la economía y afecta el estilo de vida de los ciudadanos. Se estima que en el año 2022, en el estado de Querétaro, el costo total de la inseguridad representó un daño de 8,650 millones de pesos. Además, la ciudadanía se ha privado de realizar diversas actividades debido a la inseguridad, entre algunas de ellas se encuentran el no permitir que sus hijos menores de edad salgan, evitar salir de noche, no llevar dinero en efectivo ni utilizar joyas, entre otras (ENVIPE, 2023).

El Programa Estatal de Seguridad 2022-2027 del estado de Querétaro tiene como uno de sus principales objetivos el desarrollar mecanismos que permitan una participación más activa de la ciudadanía en temas de seguridad. Sin embargo, aunque la encuesta realizada para la elaboración del programa estatal de seguridad deja ver que la ciudadanía reconoce la importancia de involucrarse en la seguridad pública, la inmensa mayoría desconocen algún programa para contribuir en la seguridad de su comunidad (Gobierno del Estado de Querétaro, 2021).

Este proyecto surge como una respuesta a la cifra negra de delitos no denunciados y sin carpeta de investigación, que en 2023 alcanzó el 92.6% de los casos. Esto crea una brecha significativa entre la realidad de la criminalidad y el conocimiento que las autoridades tienen sobre ella (ENVIPE, 2023).

Entre las razones por las cuales las víctimas no denuncian se encuentran que lo consideran como una pérdida de tiempo (20.01%), la desconfianza en las autoridades (12.7%) entre otras causas como lo pueden ser el miedo al agresor o que no tenían pruebas suficientes (ENVIPE, 2023).

Los objetivos de esta iniciativa son los siguientes:

- Recopilar información valiosa sobre la criminalidad en el estado sin comprometer la seguridad de las víctimas para la creación de una base de datos.
- Prevenir delitos futuros utilizando datos pasados para la toma de decisiones inteligentes y basadas en evidencia.
- Realizar un análisis profundo de la información obtenida con el fin de desarrollar planes de acción efectivos que aborden las problemáticas de seguridad de manera integral.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 buscan promover un desarrollo inclusivo y equitativo para todos, abordando problemáticas interrelacionadas. En particular, el Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles resalta que uno de los principales desafíos en las zonas urbanas es la desigualdad que enfrenta una parte considerable de la población. Esta desigualdad no solo genera malestar social, sino que también contribuye al aumento de la inseguridad (Naciones Unidas, 2015).

Aunque este proyecto se enfoca directamente en la seguridad de las ciudades y comunidades, es fundamental reconocer que la falta de seguridad está estrechamente vinculada a otros factores, como la falta de oportunidades y la marginación que enfrentan muchas personas diariamente. El Objetivo 16: Paz, justicia e instituciones sólidas también es relevante, ya que busca reducir todas las formas de violencia y promover sociedades inclusivas y pacíficas, donde los derechos de todos sean protegidos (Naciones Unidas, 2015).

El análisis profundo de la criminalidad en las comunidades no solo nos proporciona una radiografía de los problemas de inseguridad, sino que también permite identificar zonas donde la falta de oportunidades y la desigualdad social podrían

estar contribuyendo a este fenómeno. Por lo tanto, una comprensión integral de la seguridad pública no puede separarse de los esfuerzos para reducir la desigualdad y fomentar comunidades más igualitarias y resilientes.

No es el primer intento en el que se busca apoyarse de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para plantear una solución a problemáticas existentes, por citar un ejemplo: CityZones es un proyecto de investigación que define áreas de riesgo en base a la infraestructura con la que cuenta una ciudad (Peixoto, 2023), sin embargo, tiene algunas limitaciones como el hecho de que su análisis depende de información ya existente en bases de datos públicas, no existe ninguna recopilación de información en tiempo real.

En este contexto, el presente proyecto propone el desarrollo de una herramienta tecnológica escalable, estable y segura, que centralice los reportes de actos delictivos de forma anónima. Esta plataforma permitiría a la ciudadanía reportar incidentes de manera confidencial, y a las autoridades y otros actores relevantes analizar esta información para la toma de decisiones informadas y estratégicas.

Metodología

El presente artículo describe la metodología empleada para desarrollar una herramienta de recopilación y análisis de datos, la cual consta principalmente de un formulario web y un mapa interactivo que facilita la visualización de la información recolectada.

Tecnologías empleadas

Se implementó una arquitectura cliente-servidor, lo que permite recibir reportes desde cualquier dispositivo con acceso a un navegador, haciendo el sistema altamente accesible.

La interfaz de usuario se desarrolló utilizando los tres pilares fundamentales de la web: HTML, CSS y JavaScript. Para la visualización geográfica de los datos, se empleó la librería de código abierto Leaflet, en conjunto con la información geográfica proporcionada por OpenStreetMap.

Por otro lado, para el servidor se eligió Python como el lenguaje de programación para gestionar la lógica de la aplicación web, mientras que MongoDB se seleccionó como el sistema de manejador de base de datos, dada su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos no estructurados de manera eficiente.

Datos registrados

Para determinar la información necesaria en los reportes, se partió de la siguiente pregunta guía: ¿Qué información es esencial para que un reporte sea considerado legítimo sin comprometer la identidad de la víctima?, además tomando en cuenta los datos presentados en la encuesta ENVIPE realizada por el INEGI.

Con base en ello, se definieron los siguientes campos para la recolección de datos: fecha y hora del incidente, ubicación geográfica del delito, una descripción detallada del hecho (sin incluir la identificación del sospechoso), si hubo daño físico o económico, y si se llamó al 911 o se presentó una denuncia formal.

Fiabilidad de los reportes

Para garantizar un nivel mínimo de fiabilidad en los reportes recibidos, se implementan filtros de validación en los datos enviados por los ciudadanos antes de su integración en la base de datos general. Estos filtros de verificación fueron los siguientes:

Verificación temporal: Se comprobó que la fecha ingresada en el reporte sea anterior o igual a la fecha actual, garantizando así que los incidentes reportados no “ocurran” en el futuro.

Verificación semántica: Se utilizó un modelo de análisis de sentimiento de código abierto que clasifica los textos en tres categorías: NEGATIVO, NEUTRAL y POSITIVO. Para determinar si un texto describe un delito, se evaluó la relación entre los valores NEGATIVO y NEUTRAL. Para definir los intervalos de esta relación, se generaron 100

reportes falsos que cumplían con una estructura válida y 100 reportes sin sentido o sin significado semántico, utilizando una IA generativa. Los reportes falsos mostraron un promedio de relación de 0.2248 y una desviación estándar de 0.1101. En base a esto, se estableció un umbral de rechazo automático para cualquier reporte cuya relación entre valores negativos y neutros sea inferior a 0.3349.

Los reportes genuinos mostraron una media de 4.9306 y una desviación estándar de 4.9802. Dado que la desviación estándar de los reportes genuinos se solapa con el promedio de los reportes falsos, se decidió crear un intervalo intermedio. Los reportes con una relación entre 0.3349 y 0.99 se almacenan por separado para una verificación manual posterior. Los reportes con una relación mayor a 1 se integran automáticamente a la base de datos.

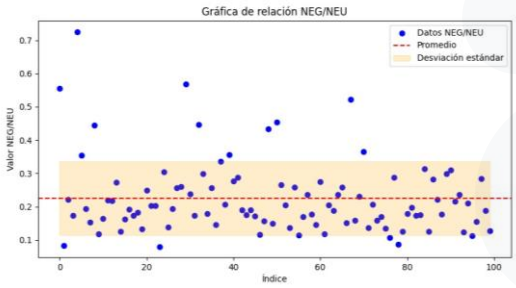


Figura 2. Resultados arrojados por el modelo semántico con datos no realistas.

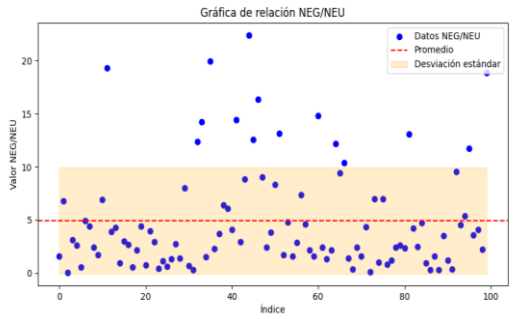


Figura 3 Resultados arrojados por el modelo semántico con datos realistas.

Verificación de coordenadas geográficas: Para validar que las ubicaciones geográficas ingresadas correspondan a zonas terrestres, se utilizaron servicios de terceros que verifican si las coordenadas proporcionadas se encuentran en tierra firme, rechazando aquellos reportes cuyas coordenadas indiquen ubicaciones en el océano. Estos intervalos y filtros serán evaluados y ajustados constantemente conforme crezca la base de datos.

Flujo de ejecución en la generación de un reporte

Para la recolección de reportes se decidió dividir el formulario en 3 partes para evitar abrumar al usuario con la cantidad de información solicitada, así como proporcionar mensajes claros cuando la información ingresada es inválida, esto mejora la experiencia de usuario significativamente (Torregrosa , 2017).

Las Figuras 4, 5 y 6 muestran el flujo de procesos que sigue el sistema cuando el usuario inicia un proceso de registro de un incidente delictivo (reporte) y su posterior envío por medio del formulario web propuesto.

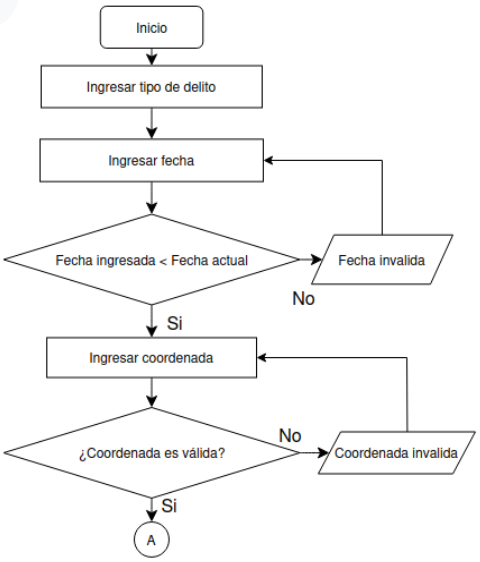


Figura 4. Flujo de ejecución del primer paso del formulario.

El diagrama de la figura 4, muestra el inicio del proceso de registro donde se ingresa la fecha y la ubicación del delito a reportar, también, se hace una validación de la fecha y las coordenadas del reporte ingresado.

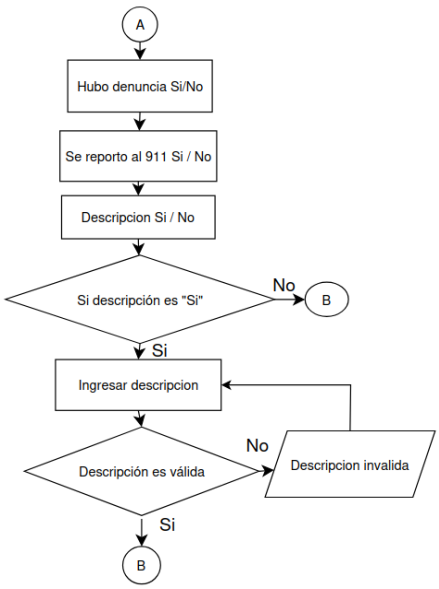


Figura 5. Flujo de ejecución del segundo paso del formulario.

En el en el segundo diagrama se observa el seguimiento del proceso de reporte, donde se registra información complementaria al histórico del reporte como si hubo algún reporte previo a alguna agencia estatal o municipal, y se puede agregar de forma opcional una descripción abierta del suceso, esta misma es validada antes de continuar.

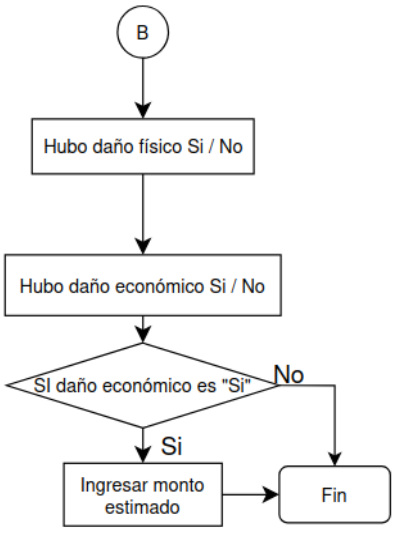


Figura 6. Flujo de ejecución del tercer paso del formulario.

Por último, en el tercer diagrama de la Figura 6 observamos información complementaria que puede ayudar con estadísticas agregadas al reporte como daño físico o daño económico estimado del suceso.

Arquitectura y módulos

La propuesta utiliza una arquitectura Cliente-Servidor, la cual se divide principalmente en dos partes (ver Figura 7), en el lado del cliente se cuenta con 2 módulos, el primero de ellos siendo el Formulario cuenta con los pasos y las validaciones mencionadas previamente, mientras que en el módulo que se encarga del mapa, solicita a la API las coordenadas geográficas con un rango definido de tiempo, y cuando estas son recibidas, se agrupan por tipos de delitos permitiendo visualizar la información de una manera más clara y precisa.

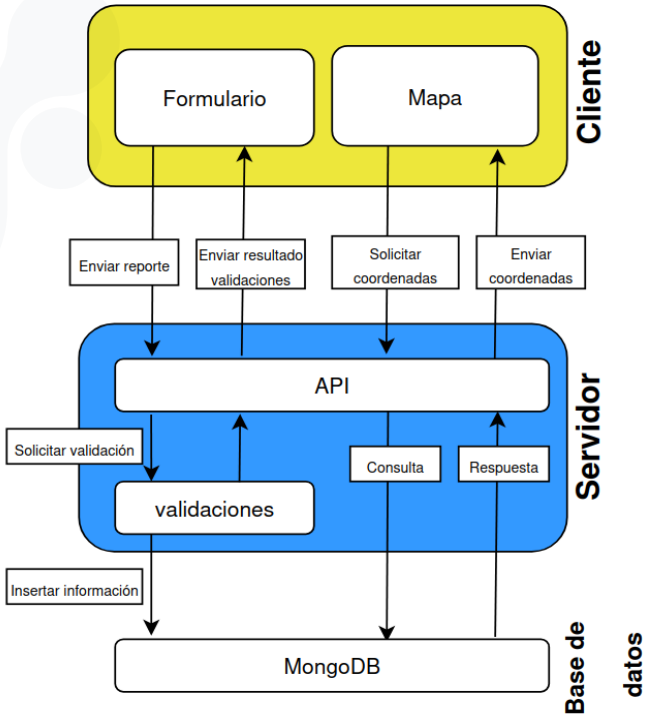


Figura 7. Arquitectura propuesta del sistema.

Por el lado del servidor, la API está preparada para recibir nuevos reportes, se procede a verificarlos, si dicha verificación es exitosa sólo entonces se almacenan en la base de datos de lo contrario envía al cliente un mensaje de error descriptivo, además

de realizar consultas sobre la base de datos para enviar coordenadas al cliente.

Resultados

Para comprender el alcance de la propuesta, se detalla a continuación desde la parte de la interfaz de usuario hasta el funcionamiento de este. En una primera instancia se tiene la interfaz de usuario final, como se observa en la Figura 8, donde se aprecia la ventana principal al que el usuario tiene acceso para poder generar un nuevo reporte de evento, colocando los datos mínimos necesarios para generar el reporte, como lo es la fecha aproximada del evento, un intervalo de tiempo aproximado, el tipo del delito e ingresar una ubicación mediante un mapa interactivo, que permite almacenar las coordenadas de la ubicación del siniestro.

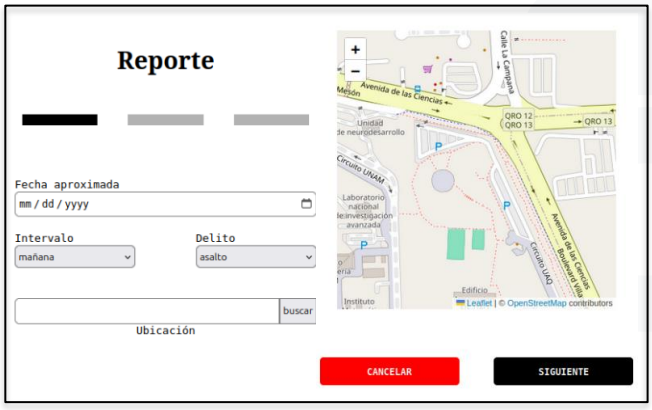


Figura 8. Interfaz primaria de usuario para iniciar un nuevo reporte.

En la siguiente pestaña se encuentra información complementaria al siniestro lo cual ayuda a particularizar el reporte como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Información complementaria en la generación del reporte.

Con el fin de probar el prototipo web se utilizaron datos de prueba, los cuales se definen como reportes con información ficticia con el fin de probar la funcionalidad de las diferentes etapas de la metodología. Dichos reportes se realizaron por alumnos en zonas cercanas a la facultad de informática como se observa en la Figura 10, los datos mostrados fueron generados siguiendo el flujo del formulario previamente descrito. En la misma figura podemos observar una dispersión de puntos de diferentes colores los cuales identifican un reporte y una categoría de incidente en particular, desde asalto, robo, accidente, estafa y pelea. Estos tipos de eventos son comúnmente recibidos por los departamentos de policía de la zona.

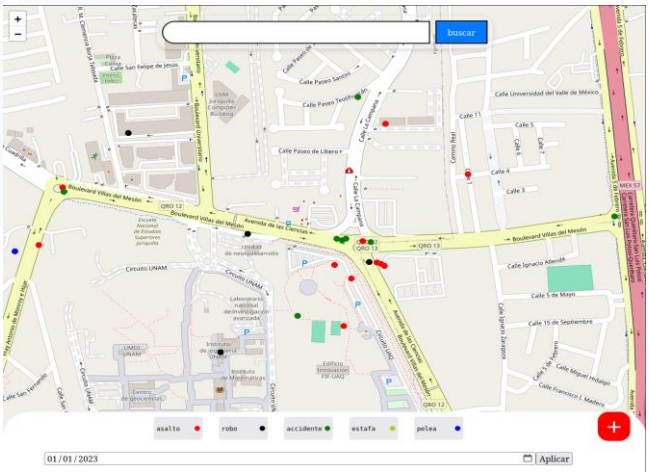


Figura 10. Prueba de reportes representados como un mapa de riesgo.

Una de las intenciones de realizar estas pruebas fue demostrar la escalabilidad de la herramienta de software propuesta en este trabajo, la cual permite la ampliación del un sistema para satisfacer necesidades de adaptación en el aumento de carga en el sistema (Sánchez & Barrezueta, 2022; Rodríguez, 2020).

En este mismo sentido, se busca mejorar la forma en la que se visualiza de forma eficiente las

incidencias delictivas por filtro de tiempo o tipo de delito denunciado, inmediatamente un reporte es recibido es alcanzable para el módulo del mapa permitiendo su visualización de forma prácticamente inmediata.

La propuesta utiliza algunos servicios de terceros para su funcionamiento, sin incurrir en ningún costo el sistema está preparado para soportar como máximo las siguientes cargas de trabajo.

- *Buscador de calles:* máximo 10,000 peticiones por día.
- *Verificación geográfica:* máximo 2,500 peticiones por día.
- *Hosting:* máximo 60 minutos de poder de procesamiento de CPU por día.

Cargas de trabajo superiores a estos límites incurren en costos con sus respectivos proveedores.

Discusiones y conclusiones

Una vez analizados lo resultados preliminares obtenidos en función al rendimiento de la propuesta de este trabajo, se obtiene evidencia suficiente para demostrar la pertinencia e importancia de este tipo de iniciativas sociales, las cuales permiten a los ciudadanos compartir información sobre delitos que fueron víctimas y generar un mapa de incidencias. Dicho mapa serviría a los habitantes de la zona para identificar focos rojos de inseguridad. Si se busca escalar esta solución a un ámbito mayor, es inevitable considerar los costos asociados al mantenimiento del sistema. Por lo tanto, es necesario implementar estrategias que aseguren la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Para la elaboración del proyecto de software, se decidió dividir el proceso en dos etapas. La primera se enfoca en la parte visual, apreciable por los usuarios, mientras que la lógica del servidor y sus validaciones se gestionan a través de una API. Esto facilita futuras iteraciones del proyecto, permitiendo modificaciones y la incorporación de nuevos clientes (como aplicaciones móviles) sin necesidad de cambiar la lógica del servidor. Por lo tanto, recomendamos ampliamente el uso de una arquitectura cliente-servidor con módulos independientes conectados mediante una API.

Los resultados también demostraron áreas de oportunidad que no están cubiertas de forma total, como la ampliación de las categorías de los eventos registrados guiándonos de la clasificación que usan los departamentos policiacos del estado de Querétaro para mejorar la clasificación de los eventos. También, se piensa incluir un área de afectación de los delitos y no solo aislarlos como eventos puntuales, dando áreas de afectación de seguridad.

Por último, los reportes recopilados, al no estar sujetos a un proceso burocrático complejo o miedo de represalias por parte de los perpetradores, *CalleSegura* ofrece una forma simple y segura de hacer inclusiva la participación de los ciudadanos que fueron víctimas compartiendo sus experiencias. Esta iniciativa puede servir como antecedente de herramientas que mejoren políticas públicas sobre seguridad, ayudando a la sociedad y a las autoridades a poner atención en zonas específicas de la ciudad y mejorando la percepción de seguridad de manera preventiva.

Referencias

Comunidades, “nuestras, & futuro”, N. (s/f). PROGRAMA ESTATAL DE SEGURIDAD QUERÉTARO. Gob.mx. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de https://cesq.gob.mx/uploads/documentos/pdfs/programa2021_2027.pdf

García-Vega, M., Díaz-Galiano, M. C., García-Cumbreras, M. Á., del Arco, F. M. P., Montejo-Ráez, A., Jiménez-Zafra, S. M., Cámara, E. M., Aguilar, C. A., Cabezudo, M. A. S., Chiruzzo, L., & Moctezuma, D. (s/f). Overview of TASS 2020: Introducing emotion detection. Ceur-ws.org. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de https://ceur-ws.org/Vol-2664/tass_overview.pdf

Moran, M. (2015a, enero 7). Ciudades. Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/

Moran, M. (2015b, enero 14). Paz y justicia. Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/peace-justice/

Peixoto, J. P. J., Costa, D. G., Franca Rocha, W. de J. S. da, Portugal, P., & Vasques, F. (2023). CityZones: A geospatial multi-tier software tool to compute urban risk zones. SoftwareX, 23(101409), 101409.

Pérez, J. M., Damián, A. F., Alemany, L. A., & Franco, L. (2021). RoBERTuito: a pre-trained language model for social media text in Spanish.

Pérez, J. M., Mariela, R., Giudici, J. C., Damián, A. F., Franco, L., Alemany, L. A., & Martínez, M. V. (2021). pysentimiento: A Python Toolkit for Opinion Mining and Social NLP tasks. En arXiv [cs.CL]. http://arxiv.org/abs/2106.09462

Querétaro, P. R. (s/f). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública. Org.mx. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/envipe/2023/doc/envipe2023_qro.pdf

Rodríguez, Z. M., Rodríguez, L. D. P., & Suarez, J. C. G. (2020). Arquitectura basada en Microservicios y DevOps para una ingeniería de software continua. Industrial Data, 23(2), 141-149.

Sánchez, P. M. M., & Barrezueta, L. D. R. (2022). Análisis de la información generada para mantener la escalabilidad y persistencia del proceso de desarrollo de software. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 15(8), 193-227.

Torregrosa, A. R. Y. (s/f). Grado en Ingeniería Multimedia Trabajo Fin de Grado. Rua.ua.es. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/72074/1/Analisis_y_diseno_de_interfaces_centrado_en_el_UX_YUSTE_TORREGROSA_RAQUEL.pdf

Sensores RTD de PbS: una innovación en la medición térmica.

Jenifer Alejandra Ramírez Martínez, Diego Alonso Zamora Camacho, Edgar Texcucano Vergara, Paulina Campos Bautista, Elim Antonio Aguilar Padierna.

Asesores: Mónica Balvanera Ortuño López,* Víctor Levi González Ajuech, Juan Adrián Pérez Orozco, Jaime Alberto Maganda Carvajal.

Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro.

Autor de correspondencia:
*monica.ol@queretaro.tecnm.mx

Resumen

Se diseñó, fabricó y testeó un Detector Resistivo de Temperatura (RTD) no convencional; un sensor desarrollado a partir de un material semiconductor, una película delgada de sulfuro de plomo (PbS). En este estudio se integraron de manera eficaz los conocimientos, métodos y técnicas de diferentes disciplinas de la ingeniería, para modelar los eslabones principales de una cadena de valor que podría implementarse en una industria de semiconductores de bajo grado de sofisticación, y donde la suma de talentos y su actividad interdisciplinaria es más que indispensable. En el área de Ingeniería Mecánica se trabajó en el diseño y ensamble de prototipos del sensor y la estructura del sistema de medición al que fue integrado. En el área de Ingeniería en Materiales, se implementó un método de síntesis química, depósito y la caracterización eléctrica de un recubrimiento nanométrico de PbS sobre sustratos de vidrio cilíndricos. De la Ingeniería Electrónica se implementaron técnicas para el diseño y programación electrónica, para la integración del sensor en un sistema de medición de temperatura que permitiera el testeo y validación del funcionamiento de los sensores RTD de PbS. Se demuestra la capacidad de los sensores fabricados para monitorear de forma eficaz temperaturas entre 22 °C y 65 °C. De esta propuesta tecnología queda clara su sencillez, bajo costo y reproducibilidad de respuesta, lo que muestra su viabilidad como una innovadora tecnología para el censado térmico.

Palabras Clave: Películas de PbS, sensores RTD, depósito químico, propiedades eléctricas.

Abstract

An unconventional Resistive Temperature Detector (RTD) was designed, manufactured and tested; a sensor developed from a semiconductor material, a thin film of lead sulfide (PbS). In this study, knowledge, methods and techniques from different engineering disciplines were effectively integrated to model the main links of a value chain that could be implemented in a low-sophistication semiconductor industry, and where the sum of talents and their interdisciplinary activity is more than indispensable. In the area of Mechanical Engineering, work was done on the design and assembly of prototypes of the sensor and the structure of the measurement system to which it was integrated. In the area of Materials Engineering, a method of chemical synthesis, deposition and electrical characterization of a nanometric coating of PbS on cylindrical glass substrates was implemented. From Electronic Engineering, techniques for electronic design and programming were implemented for the integration of the sensor in a temperature measurement system that would allow testing and validation of the operation of PbS RTD sensors. The ability of the manufactured sensors to effectively monitor temperatures between 22 °C and 65 °C is demonstrated. The simplicity, low cost and reproducibility of response are evident from this proposed technology, which shows its viability as an innovative technology for thermal sensing.

Keywords: PbS films, RTD sensors, chemical deposition, electrical properties.

Introducción

La estructura más elemental de la cadena de valor de la industria de los semiconductores consta de 3 etapas, que son posteriores a la fase de investigación de los materiales semiconductores y sus propiedades. Primero se encuentra la etapa de **Diseño** de la estructura de los dispositivos semiconductores para fines específicos, como chips y circuitos integrados; luego está la **Fabricación** o *Frontend*, etapa que consta de la impresión de los circuitos diseñados y donde se requiere investigación, desarrollo de tecnologías y un alto capital económico para el equipamiento necesario; y en tercer lugar el **Ensamblaje** o *Backend*, donde también ocurre el testeo de los dispositivos para lo cual se requiere también mucho capital y trabajo intensivo (Filippo et al., 2022). Por lo que se puede inferir, esta es una industria compleja, con un alto grado de sofisticación, con necesidades continuas de talento humano y al mismo tiempo una crisis de abastecimiento de sus suministros (Kanamaru M., 2024).

En el contexto nacional, según datos de la Secretaría de Economía sobre comercio exterior, México es un importador neto de semiconductores. En el año 2021 mientras que las exportaciones mexicanas de la cadena de semiconductores ascendieron a 9.024 millones de dólares, las importaciones fueron de 35.385 millones de dólares, resultando un déficit de 26 mil millones de dólares. Entre el 2018 y 2021 las exportaciones crecieron a una tasa anualizada del 14%, y las importaciones lo hicieron a un 5%. (Secretaría de Economía., 2024)

Derivado de las acciones de los Estados Unidos de América en el marco del plan para impulsar su competitividad e innovación en la Industria de los Semiconductores (U.S. MISSION TO MEXICO, 2024), México se encuentra frente a una oportunidad de crecimiento económico sin precedentes. Una de las oportunidades que tiene México es participando en tecnologías menos complejas como sensores y otros componentes básicos analógicos, que, si bien no son tecnologías de punta, son demandados intensamente por industrias locales como la automotriz y la electrónica. La crisis de suministros que se vivió en épocas de la pandemia por covid-19, fue por la escasez generalizada de dispositivos semiconductores de todo tipo, desde complejos circuitos integrados o chips, hasta componentes electrónicos discretos (El Confidencial, 2024).

Empresas de estos ramos se encuentran ya reforzando sus actividades en el diseño de dispositivos semiconductores, reclutando constantemente talentos, preparándose para un escenario de expansión en donde México puede fortalecer su rol estratégico y ocupar poco a poco los eslabones de Fabricación y Ensamblaje/Testeo.

Existen los elementos para imaginar un clúster donde se concentre una industria de semiconductores centrada en tecnologías DAO (analógicas), optoelectrónicos, diodos, resistencias, sensores semiconductores, entre otros. Una industria de una producción más compacta, con menores tiempos de diseño, prototipado y producción, de mucho menor inversión que las industrias que producen tecnología de punta, pero bien capacitada para producir los dispositivos más sencillos que actualmente tienen la mayor escasez y más largos tiempos de espera.

En temas relacionados a sensores térmicos, son de interés los sensores de resistencia RTD, que son básicamente un instrumento para medir la temperatura en función de la resistencia eléctrica. La resistencia es una propiedad extensiva de los materiales que mide su capacidad para resistir el flujo de corriente eléctrica. En electrónica, esta propiedad es fundamental ya que determina cómo se comportará un material en circuitos y dispositivos, afectando la eficiencia y el rendimiento de los componentes electrónicos. La propiedad intensiva asociada es la resistividad eléctrica, se expresa en ohmios-metro ($\Omega \cdot m$) y varía con la estructura atómica y la temperatura del material.

Los sensores RTD se componen de un alambre fino de metales enrollado en un sustrato aislante o bien depositado en forma de recubrimiento. El metal más eficiente en esta aplicación es el platino, debido a su alta estabilidad química, buena linealidad de respuesta y amplio rango de temperaturas operativas, que puede abarcar desde -200 °C hasta 850 °C en modelos estándar. El platino es especialmente popular

en aplicaciones de alta precisión, como la calibración de equipos y control de procesos industriales, debido a su comportamiento casi lineal en este rango de temperatura y su resistencia a la corrosión. Otros materiales, como el níquel y el cobre, son menos costosos, sin embargo, ofrecen una menor estabilidad térmica y son limitados para usar solo en temperaturas bajas debido a sus propiedades físicas. (Omega, 2021)

En el mercado también se encuentran disponibles otros productos para censado relacionados, tales como los sensores DS18B20, que son sensores térmicos para líquidos; sensores para líquidos refrigerantes; o los sensores de llama que son sensores de PbS cuya función se centra en la detección de luz infrarroja. (Geek Factory, 2024; MercadoLibre, 2024; Heavy, 2024)

El sulfuro de plomo (PbS) es un material semiconductor de gran importancia tecnológica, debido a sus interesantes propiedades optoelectrónicas con el que se han diseñado varios tipos de dispositivos semiconductores tales como: fotodetectores, sensores infrarrojos, láseres, termoeléctricos, celdas solares, entre otros. Entre sus características físicas más importantes destaca su banda *gap* bajo de 0.41 eV, alta movilidad de portadores libres, alta sensibilidad a la luz y a las variaciones de temperatura, y que tiene propiedades ópticas y eléctricas modulables en función de sus características estructurales. La resistividad y conductividad pueden sintonizarse según las condiciones de síntesis, espesor, la incorporación de dopantes, entre otras condiciones. Este material también muestra una buena estabilidad y es relativamente fácil de sintetizar en películas delgadas mediante técnicas de mínimos requerimientos y bajo grado de sofisticación como el Depósito en Baño Químico (DBQ). (Göde et al., 2015; Zamin et al., 2023; Lin et al., 2021; Sengupta et al., 2018; Damisa, John and Onyeka Emegha, 2021).

DBQ es una técnica de síntesis y depósito de películas delgadas donde ocurre la reacción química de soluciones acuosas muy diluidas de los precursores químicos de un material semiconductor. Se basa en la síntesis gradual y controlada a partir de la composición del reactor, el pH y la temperatura principalmente, para lograr el depósito del material en sustratos sumergidos en el reactor. Este proceso incluye el uso de una agente complejante que controla la disponibilidad de iones metálicos, permitiendo el crecimiento gradual y uniforme de la película semiconductora. DBQ es sencillo, de bajo costo, y no requiere condiciones de alto vacío o temperatura, ni equipos complejos para su control, lo que lo hace ideal para la fabricación de películas a gran escala y con el menor impacto económico y ambiental. (Ali & Aswad, 2023)

El objetivo de este estudio es desarrollar un dispositivo innovador tipo RTD para el censado térmico, un prototipo de sensor de película delgada de PbS sintetizado por depósito químico, que esté integrado en un sistema funcional de medición de temperatura y que garantice exactitud y precisión en el intervalo de los 22 a 65 °C.

Metodología

Síntesis y depósito de PbS

En la figura 1 se ilustra la secuencia de pasos para la síntesis del PbS en sustratos de vidrio cilíndrico huecos de 5 y 3 cm de longitud, y 8 mm de diámetro, para la creación de dos modelos de prototipo de sensor RTD de PbS. En el reactor se colocaron sustratos de vidrio cilíndrico acondicionados para el depósito selectivo en la parte interna y en los extremos del sustrato (a), y se agregaron las siguientes sustancias: 43 ml de agua, 6 ml de nitrato de plomo (0.125 M), 10 ml de hidróxido de potasio (0.5 M) y 6 ml de tiourea (0.25 M), manteniéndose en agitación constante (b). Enseguida se midió el pH y se llevó a una temperatura de 70°C.

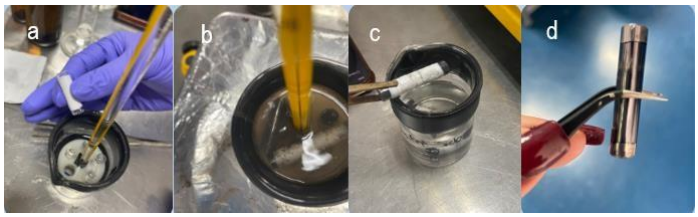


Figura 1. Secuencia de pasos para la síntesis de PbS en los sustratos de vidrio cilíndricos

Se obtuvieron recubrimientos a los 20 min de depósito (c), homogéneos, fuertemente adheridas al sustrato y de color gris metálico (d).

Ensamble de Sensores

Luego de la síntesis y depósito del PbS, continuó con el ensamble, colocando pintura de plata en los extremos, alambre conductor soldado con estaño (a) y silicón para aislamiento de los contactos del prototipo de sensor de PbS (b). Se evaluó de primera intención la calidad del acondicionamiento del sensor, midiendo su resistencia eléctrica variable con la temperatura usando un multímetro digital *Fluke* modelo 179 (c).

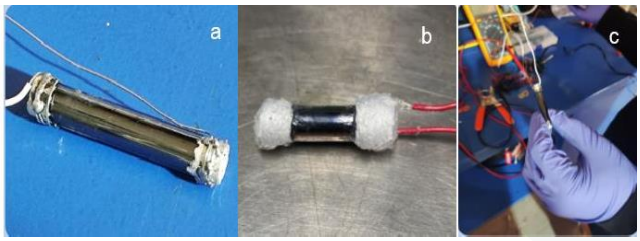


Figura 2. Ensamblaje y acondicionamiento de sensores RTD de PbS

Diseño Electrónico

Para lograr la detección térmica del sensor de PbS, se acondicionó su respuesta eléctrica, transformando la variación de la resistencia por efecto de la temperatura, en una señal analógica de voltaje. Esta conversión se logró mediante un divisor de voltaje considerando un voltaje de salida de 5 V, voltaje adecuado para ser leído por las terminales analógicas de un microcontrolador *ATMEGA328P*. Es sabido que existen diferentes circuitos acondicionadores de señales para este tipo de sensores RTD, se seleccionó un divisor de voltaje por su fácil implementación y bajo costo.

El circuito divisor de voltaje diseñado se muestra en la figura 3. Para su diseño se utilizó la formulación común de circuitos eléctricos, considerando a la resistencia de la película delgada en valores cercanos a 43 kΩ (resistencia de la película de PbS medida a 19°C). De acuerdo con la formulación, se calculó una resistencia de 56.4 kΩ; para alcanzar esta magnitud se conectó una resistencia de 10 kΩ en serie con la resistencia de 47 kΩ.

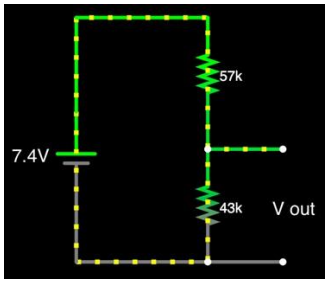


Figura 3 . Divisor de voltaje para salida de voltaje del sensor de película delgada de PbS.

El circuito se montó sobre un PCB que permite construir el circuito en una única placa de tamaño pequeño. En la figura 4 se presenta el esquema de la placa de circuito impreso (PCB) diseñado.

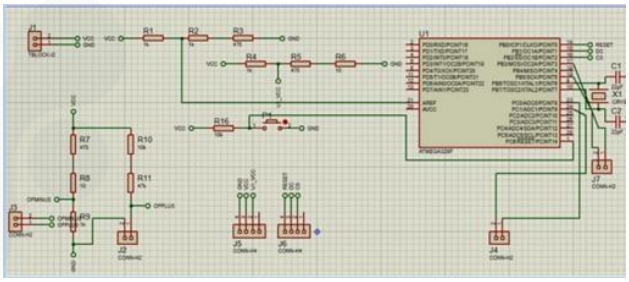


Figura 4. Esquema electrónico dibujado en Proteus

Programación

En la figura 5 se muestra el código creado para el programa en Arduino IDE, se describe a continuación el proceso que siguió para la programación de la instrumentación del sensor RTD de PbS:

Un microcontrolador *ATMEGA328P* fue programado utilizando un *Arduino Uno* y su *IDE*. Se incluyeron las bibliotecas *TFT.h* y *SPI.h* para poder utilizar las de la pantalla *TFT*. Las variables *cs, dc* y *rst* fueron definidas en los pines 10, 9 y 8 del *Arduino Uno*.

Luego, se declararon las variables *analogIn, temp*, *V* y *temp C*, así como los arreglos *sensor-Printout [4]* y *sensorPrintoutC[4]*.

```
void loop() {
  // SENSOR READINGS
  analogIn=analogRead(A0);
  v = analogIn*(5.0000/1023.0000);

  temp = -91.9*v+379+30;
  Serial.println(temp,4);
  tempC = (5.00/9.00)*(temp-32.00);

  //FARENHEIT PRINT TO SCREEN
  Stemp = String(temp); //temp
  Stemp.toCharArray(sensorPrintout,4);
  TFTscreen.stroke(255, 255, 255);
  TFTscreen.text(sensorPrintout, 75, 70);
  TFTscreen.setTextSize(2);
  delay(250);
  TFTscreen.stroke(0, 0, 0);
  TFTscreen.text(sensorPrintout, 75, 70);
  TFTscreen.setTextSize(2);

  //CELSIUS PRINT TO SCREEN
  StempC = String(tempC);
  StempC.toCharArray(sensorPrintoutC, 4);
  TFTscreen.stroke(255, 255, 255);
  TFTscreen.text(sensorPrintoutC, 75, 100);
  TFTscreen.setTextSize(2);
  delay(250);
  TFTscreen.stroke(0, 0, 0);
  TFTscreen.text(sensorPrintoutC, 75, 100);
  TFTscreen.setTextSize(2);

  delay(500);
}
```

Figura 5. Código del programa en Arduino IDE

En la parte de *void setup()* del programa, se utilizaron funciones TFT para imprimir mensajes que contenían el nombre del dispositivo, el creador y las unidades de temperatura para diferenciar entre Fahrenheit y Celsius.

En la parte de *void loop()* del programa, se inicializó la variable *analogIn* con la función *analogRead(A0)* para leer señales de entrada desde el *pin* analógico A0 desde el *Arduino Uno*. Se crearon una tabla y un gráfico de voltaje-temperatura, y se utilizó la función de línea de tendencia para obtener una ecuación que se ajustara mejor a los datos de voltaje-temperatura.

Elementos electrónicos que componen a la instrumentación del sensor de PbS

Los componentes electrónicos utilizados en el sistema de medición de temperatura fueron un *protoboard*, porta baterías 2u, un microcontrolador *ATMEGA328P* y una pantalla TFT LCD de 1.8". Se ilustran todos estos elementos en la figura 6.

El microcontrolador *ATMEGA328P* es un microcontrolador programable que puede integrar sistemas electrónicos comunicándose con múltiples componentes enviando señales de voltaje de recepción hacia y desde los elementos de un sistema.

En este caso, se utilizó el pin analógico ADC0 para recibir el voltaje variable desde el divisor de voltaje hasta donde se conectó el sensor PbS.

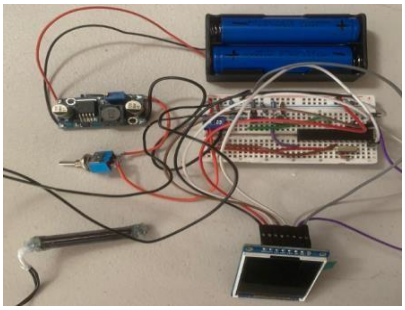


Figura 6. Elementos que componen la instrumentación del sensor

La pantalla TFT LCD de 1.8" se utilizó para mostrar la temperatura medida por el sensor PbS. Esta pantalla consta de ocho pines donde GND se conectó a tierra, VCC a 7.4 V, SCL al pin 19 del microcontrolador, SDA al pin 17, RES al pin 14, DC al pin 15, CS al pin 16 y BL a 7.4 V.

Testeo y calibración

Una vez que el sistema estuvo completo y construido usando una placa de pruebas (figura 6), se probó el sensor registrando los cambios de temperatura en la pantalla TFT. Lo anterior se realizó sumergiendo el sensor en un recipiente con agua, ubicado sobre una parrilla de calentamiento, simultáneamente se midió la temperatura con un termómetro de mercurio como instrumento de referencia para la calibración del sensor de PbS. Se tomaron los datos de voltaje y temperatura en el intervalo de los 22°C y los 85 °C.

Ajustando los parámetros del instrumento se podría tomar en cuenta el calor que genera el RTD y desarrollar lecturas lo suficientemente precisas para una determinada aplicación. Normalmente se utilizan corrientes 1 mA o menores de corriente para reducir los efectos del auto calentamiento del RTD.

Resultados

Concepción del diseño físico de la caja de control del sistema de medición

Se desarrolló el diseño de la geometría de la caja de control mediante *SolidWorks*, considerando las medidas de cada elemento. Para la parte externa se considera un espacio frontal para montar la pantalla LCD y otro en la parte trasera para permitir la entrada del ensamble electrónico en el *protoboard.* En la figura 7 se muestran los resultados del diseño de la estructura de la caja de control. Para el proceso de fabricación de la caja se utilizó impresión 3D ilustrado en la figura 8.

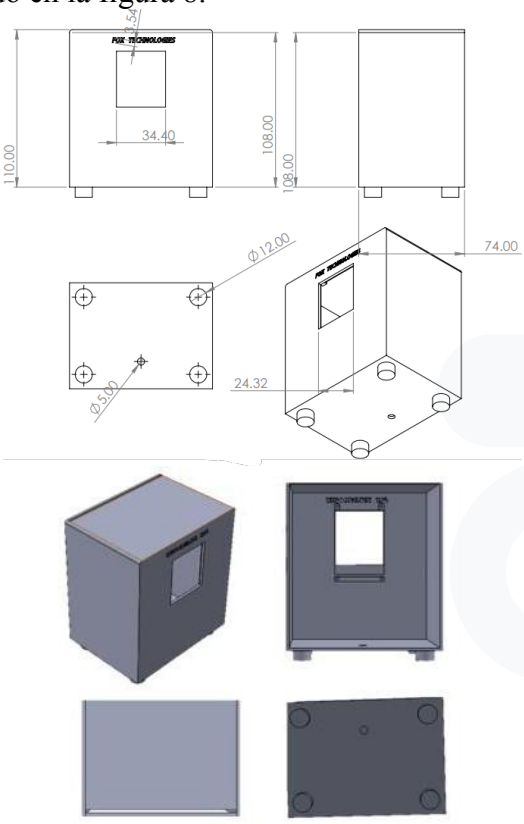


Figura 7. Plano y simulación en *SolidWorks* de la estructura de la caja de control del sensor

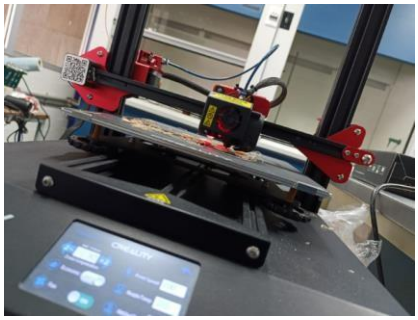


Figura 8. Impresión 2D de la estructura de la caja de control del sensor

Ensamble general

Se muestran en las figuras 9 y 10, las vistas delantera y trasera del prototipo de sistema de medición basado en el sensor RTD de PbS.

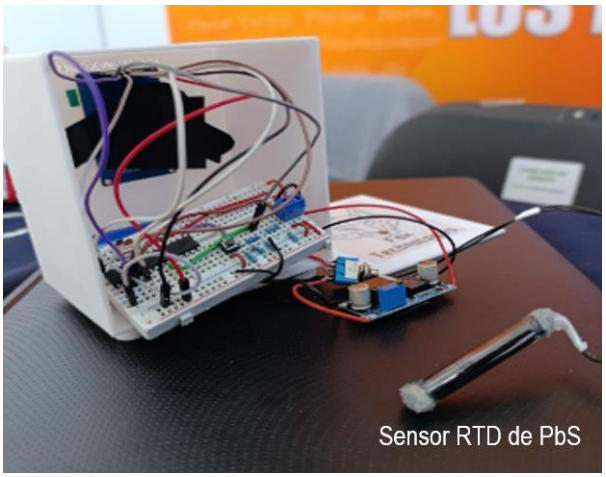


Figura 9. Vista trasera del prototipo de sistema de medición basado en el sensor RTD de PbS



Figura 10. Vista delantera del prototipo de sistema de medición basado en el sensor RTD de PbS

Testeo y calibración del prototipo

En la figura 11 se muestran los resultados del testeo del sensor de PbS, donde se aprecia la relación creciente entre el voltaje recibido en el sistema de medición y la temperatura un medio líquido en el que el sensor está en contacto.

De la gráfica se desprende la validación del intervalo de temperatura que el sensor es capaz de detectar con un nivel confiable de precisión. Esto a partir del análisis de la línea de tendencia de los datos, en el intervalo de temperatura de 22 a 65°C, que presenta un coeficiente de correlación lineal positiva R^2 de 0.9.

Se infiere, además, que en temperaturas superiores a los 65 °C este prototipo presenta inconsistencias significativas en la correlación de estas variables, por tanto, no se puede garantizar una medición precisa en temperaturas superiores a los 65 °C. En una etapa posterior de este proyecto, se podrían implementar algunos cambios en el diseño electrónico, para minimizar los efectos del autocalentamiento del sensor, y con ello conseguir una posible mejora de la presión y ampliación del intervalo de medición de temperatura.

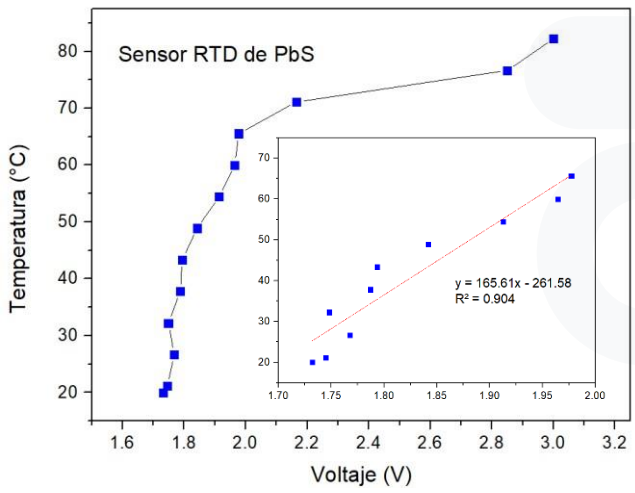


Figura 11. Gráfica voltaje - temperatura de un prototipo de sensor PbS.

Para la calibración del prototipo del sensor de PbS, se comparó la medición de temperatura de un líquido sometido a un programa de calentamiento, comparando los datos con la medida de un termómetro de mercurio. A una temperatura de 22 °C, en la pantalla TFT se leía 24 °C.

Luego se encendió la parrilla eléctrica para calentar el medio e inducir cambios de temperatura crecientes en la pantalla, lo cual se observó con claridad en todo el intervalo medido y desde los primeros grados de incremento de la temperatura que marcaba el termómetro.

La parrilla se mantuvo encendida hasta alcanzar los 65 °C, comparando las mediciones en incrementos de 5 °C con el valor de referencia, como se muestra en la figura 11. En este proceso de calibración se identificó un sesgo de la medición del sistema de 2 °C en todo el intervalo de temperaturas.

Conclusión

Se desarrolló un dispositivo innovador tipo RTD para el censado térmico a partir de un material semiconductor. Un prototipo de sensor de película delgada de PbS sintetizado por depósito químico, integrado en un sistema funcional de medición de temperatura de precisión en el intervalo de los 22 °C a los 65 °C. Así mismo, se demostró el alto potencial de métodos y técnicas de bajo grado de sofisticación, para la creación de productos tecnológicos innovadores para una industria de semiconductores nacional.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, por todas las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A los Departamentos de Ciencias Básicas y Metalmecánica y a los auxiliares de laboratorio Juan Carlos Méndez Méndez y Jesús Orduña Guerrero, por todas sus atenciones.

Al Programa de Nuevos Talentos Científico Tecnológico del Estado de Querétaro, a través de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del TecNM Campus Querétaro.

Referencias

1. Ali, G., & Aswad, T. (2023). Structure and Optical properties of Lead Sulfide (PbS) Thin Film Prepared by Chemical Bath Deposition(CBD) Technique: A Review. Journal of University of Anbar for Pure Science, 17(2), 225–233. https://doi.org/10.37652/juaps.2023.181569
2. Damisa, J. ., & Emegha, J. O. . (2021). XRD and UV-Vis Spectroscopic Studies of Lead Tin Sulphide (PbSnS) Thin Films. *Trends in Sciences*, *18*(20), 16. https://doi.org/10.48048/tis.2021.16
3. El Confidencial (8 de noviembre de 2024). Obtenido de

https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-02- 13/semiconductores-crisis-provedoores-industria_2942859/
4. Filippo, Agustín; Guaipatin, Carlos; Navarro, Lucas; Wyss, F. (2022). *La CHIPS bill: conduciendo a México hacia la producción masiva de semiconductores*. Puntos Sobre La I. https://blogs.iadb.org/innovacion/es/la-chips-bill-la- produccion-de-semiconductores-en-mexico/
5. Filippo, A., Guaipatín, C., Navarro, L., & Wyss, F. (2022). México y la Cadena de Valor de los Semiconductores. Oportunidades de cara al nuevo escenario global Abril de 2022. *Bid*, 1–59. www.iadb.org
6. Geek Factory (07 de noviembre de 2024). Obtenido de https://www.geekfactory.mx/producto/ds18b20-sensor-de- temperatura-sumergible/
7. Göde, F., Yavuz, F., & Kariperb, I. A. (2015). Preparation and characterization of nanocrystalline PbS thin films produced by chemical bath deposition. Acta Physica Polonica A, 128(2), 215–218. https://doi.org/10.12693/APhysPolA.128.B-215
8. Heavy Integrando soluciones (07 de noviembre de 2024). Obtenido de https://tiendaelectricaheavy.com/producto/c7915a1036/
9. Kanamaru, M. (2024). *La industria de semiconductores se enfrenta a un escenario complejo y dinámico en 2024, según la última edición del informe Global Semiconductor Industry Outlook 2024, realizado por KPMG y Global Semiconductor Alliance (GSA).* https://kpmg.com/pe/es/home/insights/2024/05/perspectivas-para-la-industria-global-de-semiconductores.html
10. Lin, W. M. M., Yarema, M., Liu, M., Sargent, E., & Wood, V. (2021). Nanocrystal quantum dot devices: How the lead sulfide (pbs) system teaches us the importance of surfaces. Chimia, 75(5), 398–413. https://doi.org/10.2533/CHIMIA.2021.398
11. MercadoLibre (07 de noviembre de 2024). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-2502783904- sensor-temperatura-refrigerante-cts-chevrolet-ntk-ef0182-_JM
12. Omega. (07 de noviembre de 2024). Obtenido de https://mx.omega.com/prodinfo/rtd.html
13. Secretaría de Economía (2024). *T-MEC Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá.* Gobierno de México. https://www.gob.mx/t-mec
14. Sengupta, S., Aggarwal, R., & Golan, Y. (2021). The effect of complexing agents in chemical solution deposition of metal chalcogenide thin films. *Materials Chemistry Frontiers*, 5(5), 2035–2050. https://doi.org/10.1039/d0qm00931h
15. U.S. MISSION TO MEXICO. (2024). *ESTADOS UNIDOS Y MÉXICO IMPULSAN LA COMPETITIVIDAD DE AMÉRICA DEL NORTE Y LA INNOVACIÓN.* https://acortar.link/HK0hOE
16. Zamin Mamiyev, Narmina O. Balayeva, PbS nanostructures: A review of recent advances, Materials Today Sustainability, Volume 21, 2023, 100305, ISSN 2589-2347, https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100305. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589234 72200197X

Desarrollo de un nanobiosensor amperométrico de ácido úrico

VELÁZQUEZ SÁNCHEZ, Johanna Fátima[1], ORTEGA ROMO, Arely[2], LEDESMA GARCÍA, Janet[3], ARRIAGA HURTADO, Luis Gerardo[4], ESCALONA VILLALPANDO, Ricardo Antonio[5].

[1]*Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Aeropuerto Carr. a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Querétaro, Qro.* jvelazquez46@alumnos.uaq.mx

[2]*Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Aeropuerto Carr. a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Querétaro, Qro.* aortega29@alumnos.uaq.mx

[3]*Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Aeropuerto Carr. a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Querétaro, Qro.* janet.ledesma@uaq.mx

[4]*Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Aeropuerto Carr. a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Querétaro, Qro.* larriaga@cideteq.mx

[5]*Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Aeropuerto Carr. a Chichimequillas s/n C.P. 76140, Querétaro, Qro.* ricardo.escalona@uaq.edu.mx

Resumen — Esta investigación se evalúa el uso de nanofibras y nanotubos de carbono para su uso en un biosensor de ácido úrico. El peróxido de hidrogeno generado por la enzima uricasa se detectó electroquímicamente, permitiendo la medición de los niveles de ácido úrico a través de la respuesta de la corriente anódica. Las nanofibras de carbono muestran un rendimiento superior con un rango de detección de 100 µM a 600 µM. Este estudio resalta el uso de la nanotecnología para mejorar el rendimiento de los biosensores.

Palabras clave — amperométrica, nanobiosensor, nanotubos, nanofibras.

Abstract — This research evaluates the use of carbon nanofibers and nanotubes in a uric acid biosensor. Hydrogen peroxide generated by the enzyme uricase was detected electrochemically, allowing the measurement of uric acid levels through the anodic current response. Carbon nanofibers demonstrated superior performance with a detection range of 100 µM to 600 µM. This study highlights the use of nanotechnology to enhance the performance of biosensors.

Keywords — amperometric, nanobiosensor, nanotubes, nanofibers.

I. INTRODUCCIÓN

El ácido úrico (2,6,8-trihidroxipurina) es el producto final del metabolismo de las purinas en los seres humanos. Los niveles normales de suero en la sangre están en el rango de 240-520 µM [1] Cantidades elevadas de ácido úrico en el suero sanguíneo es conocido como hiperuricemia, la cual predispone a enfermedades por la formación de cristales de urato que causan gota [2], también se ha relacionado con la hipertensión, aterosclerosis, resistencia a la insulina y diabetes [3].

Los biosensores electroquímicos basados en enzimas son ampliamente utilizados. El uso de nanomateriales en los biosensores basados en enzimas, incrementa la relación superficie-volumen, permitiendo la inmovilización de un mayor número de moléculas de enzima y mejorando la integración entre la enzima y el sustrato, resultando en plataformas de biosensores altamente sensibles y selectivas[4].

La uricasa, también conocida como urato oxidasa se encarga de catalizar la oxidación de ácido úrico para obtener alantoína, dióxido de carbono y peróxido de hidrogeno como productos[5].

$$Acido\ úrico + O_2 + H_2O \xrightarrow{Uricasa} Alantoína + H_2O_2 + CO_2$$

El peróxido de hidrogeno producido se puede detectar electroquímicamente, midiendo la respuesta anódica, debido a la oxidación en la superficie del electrodo de trabajo [6].

$$H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$$

La investigación explora el uso de nanomateriales, específicamente nanofibras y nanotubos, para mejorar la sensibilidad y eficiencia del biosensor. El estudio utiliza instrumentación avanzada, incluyendo los potenciostatos EC Epsilon Eclipse y BioLogic, para caracterizar y optimizar el rendimiento del nanobiosensor.

II. OBJETIVOS

- Determinar los parámetros óptimos de funcionamiento del nanobiosensor, incluyendo el rango de detección y la sensibilidad.
- Evaluar el rendimiento de nanofibras y nanotubos de carbono para la detección de ácido úrico en condiciones de laboratorio, simulando entornos clínicos.

III. METODOLOGÍA

a) Preparación de los electrodos de trabajo.

Se cortó papel Toray en dos tamaños: $0.3 \times 3\ cm$ y $0.5 \times 3\ cm$. En un extremo de la superficie de cada pieza, se depositó una tinta. Se utilizaron dos tipos de tintas diferentes, una estaba compuesta por una mezcla de uricasa y nanofibras de carbono, y la otra contenía uricasa y nanotubos de carbono.

b) Preparación de solución de ácido úrico.

Primero, se preparó un buffer de fosfatos. Se pesaron 1.1489 g de fosfato de potasio monosódico y 10.8759 g de fosfato de sodio dibásico. Se añadieron 200 mL de agua destilada a un vaso de precipitado de 500 mL, se agregaron las sales y se agitó la mezcla. Luego, se añadieron otros 400 mL de agua destilada. Se verificó el pH y se transfirió la solución a un matraz aforado, ajustando el volumen hasta 500 mL con agua destilada.

Posteriormente, se preparó la solución 0.05 M a pH 7.4 para simular las condiciones sanguíneas. Se pesaron 0.0846 g de ácido úrico, se añadieron dentro de un matraz aforado y se ajustó el volumen hasta los 10 mL con el buffer de fosfatos previamente preparado.

a) Pruebas amperométricas.

Se colocaron un electrodo de trabajo, un contraelectrodo de grafito y un electrodo de referencia en un vaso de precipitado de 10 mL que contenía 5 mL de buffer de fosfatos. Se conectaron a un potenciostato para realizar las pruebas electroquímicas.

Se realizó una voltamperometría cíclica utilizando el electrodo recubierto de uricasa-nanofibras de carbono.

Con base a los resultados obtenidos, se llevaron a cabo pruebas amperométricas para evaluar los electrodos recubiertos con tinta de uricasa-nanofibras de carbono y uricasa-nanotubos de carbono, utilizando potenciales de 400 mV, 500 mV y 600 mV, durante un periodo de 120 segundos.

Cada prueba se llevó a cabo con concentraciones de 0 µM, 100 µM, 200 µM, 300 µM, 400 µM, 500µM y 600 µM de ácido úrico.

IV. RESULTADOS

En la voltamperometría cíclica se observó un pico de corriente significativo a aproximadamente 400 mV, figura 1.

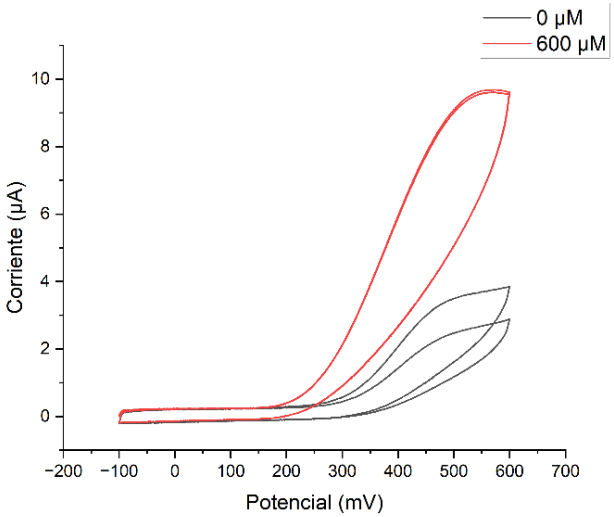


Figura 1. Voltamperometría cíclica de electrodo (0.3 x 3 cm) recubierto de uricasa-nanofibras de carbono.

Al evaluar distintos electrodos a los voltajes establecidos, se observó que las nanofibras de carbono mostraron una mejor respuesta a 400 mV, figura 2, mientras que los nanotubos de carbono obtuvieron un mejor rendimiento a 600 mV, figura 3.

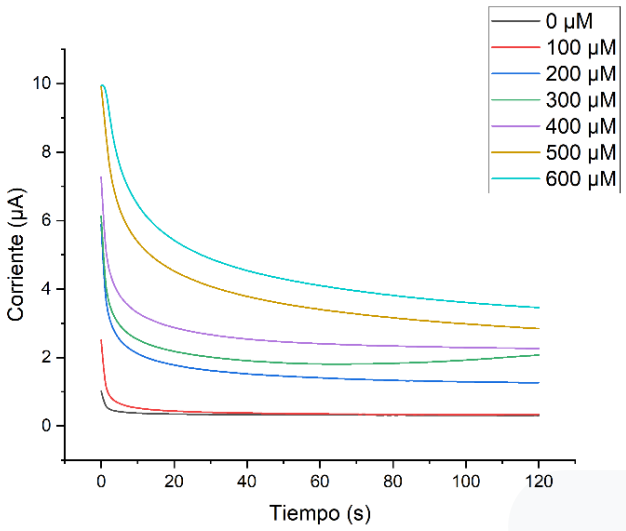


Figura 2. Amperometría de electrodo (0.3 x 3 cm) recubierto de uricasa-nanofibras de carbono.

Los electrodos de trabajo recubiertos con nanofibras de carbono demostraron un rango de detección óptimo entre 100 µM y 600 µM. Se evitó su evaluación a voltajes mayores para prevenir la oxidación de otras especies presentes que pudieran afectar la fiabilidad del nanobiosensor.

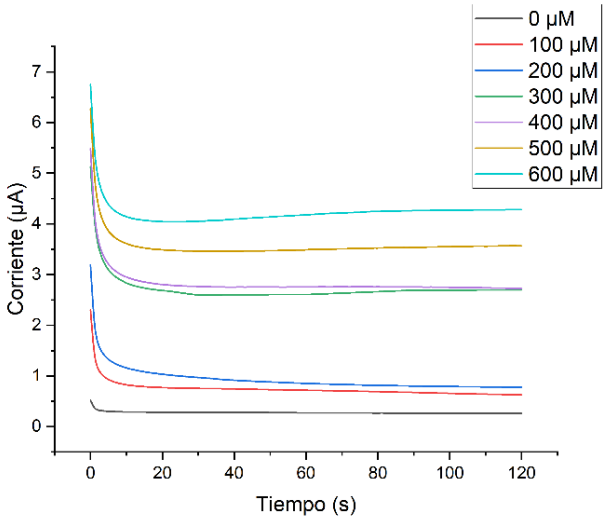


Figura 3. Amperometría de electrodo (0.5 x 3 cm) recubierto de uricasa-nanotubos de carbono.

Los electrodos de trabajo recubiertos con nanotubos de carbono mostraron un rango de corrientes similares entre 100 µM y 200 µM en la mayoría de pruebas realizadas, lo que indica un rango de detección menor en comparación con los recubiertos con nanofibras de carbono.

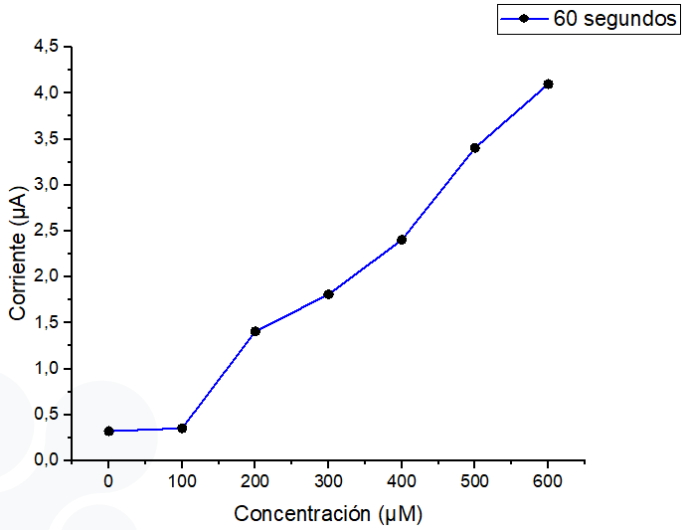


Figura 4. Curva de calibración resultante de uricasa-nanofibras de carbono en buffer de fosfatos pH 7.4 a diferentes concentraciones de ácido úrico a un potencial aplicado de 400 mV.

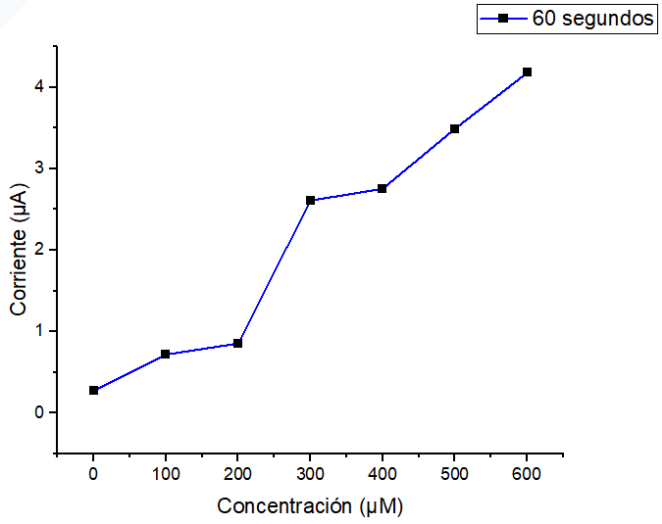


Figura 5. Curva de calibración resultante de uricasa-nanotubos de carbono en buffer de fosfatos pH 7.4 a diferentes concentraciones de ácido úrico a un potencial aplicado de 600 mV.

En la figura 4 y 5 se muestra que el incremento en la concentración de ácido úrico en los electrodos recubiertos con nanofibras y nanotubos respectivamente, genera un aumento progresivo en la corriente.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El desarrollo de biosensores amperométricos para la detección de ácido úrico representa un avance significativo en el campo de la nanomedicina y el diagnóstico clínico. La capacidad de estos biosensores para realizar análisis en tiempo real abre la posibilidad de un monitoreo continuo de los pacientes, lo que es crucial para el manejo de enfermedades crónicas y la evaluación de la eficacia de los tratamientos.

En esta investigación, se observó que las nanofibras de carbono mostraron un mejor desempeño en comparación con los nanotubos de carbono. Su estructura facilita la transferencia de electrones, lo que las hace adecuadas para aplicaciones donde se requiere una respuesta rápida y precisa a concentraciones bajas de ácido úrico.

La nanotecnología proporciona un área de oportunidad para continuar perfeccionando los biosensores, acercándonos a una realidad en la que la atención médica se vuelva preventiva y personalizada, con el potencial de transformar fundamentalmente la forma en que abordamos la salud y la enfermedad.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Querétaro por hacer posible la realización del "Verano de la Ciencia UAQ 2024". Al Laboratorio Nacional de Micro y Nano Fluidica por brindarnos la oportunidad de llevar a cabo esta estancia de investigación en sus instalaciones y a nuestro asesor, Ricardo Antonio Escalona Villalpando, por su enseñanza y guía en el desarrollo de este proyecto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C. R. Raj and T. Ohsaka, "Voltammetric detection of uric acid in the presence of ascorbic acid at a gold electrode modified with a self-assembled monolayer of heteroaromatic thiol." [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/jelechem

[2] A. So and B. Thorens, "Uric acid transport and disease," *Journal of Clinical Investigation*, vol. 120, no. 6, pp. 1791–1799, Jun. 2010, doi: 10.1172/JCI42344.

[3] L. Billiet, S. Doaty, J. D. Katz, and M. T. Velasquez, "Review of Hyperuricemia as New Marker for Metabolic Syndrome," *ISRN Rheumatol*, vol. 2014, pp. 1–7, Feb. 2014, doi: 10.1155/2014/852954.

[4] N. M. Kilic, S. Singh, G. Keles, S. Cinti, S. Kurbanoglu, and D. Odaci, "Novel Approaches to Enzyme-Based Electrochemical Nanobiosensors," Jun. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/bios13060622.

[5] S. Aafria *et al*., "Electrochemical biosensing of uric acid: A review," Nov. 01, 2022, *Elsevier Inc.* doi: 10.1016/j.microc.2022.107945.

[6] P. E. Erden and E. Kiliç, "A review of enzymatic uric acid biosensors based on amperometric detection," Mar. 30, 2013, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.talanta.2013.01.043.

Modelo de fondo morfológico para el análisis de flujos viales en zonas urbanas

Erik-Josué Moreno-Mejía *erik.moreno.mejia@gmail.com*, Daniel Cantón-Enriquez *daniel.canton@uaq.mx*, Jorge-Luis Pérez-Ramos *joge.luis.perez@uaq.edu.mx*, Ana-Marcela Herrera-Navarro *mherrera@uaq.mx*, Hugo Jiménez-Hernández* *hugo.jimenez@uaq.edu.mx*.

Resumen*—La creciente complejidad en la infraestructura y movilidad urbana ha impulsado la necesidad de nuevas tecnologías para el monitoreo eficiente del tráfico en entornos urbanos. Los sistemas de monitoreo automático asistidos por visión por computadora son herramientas que permiten agilizar el monitoreo del tráfico en entornos urbanos. Los sistemas de visión por computadora se basan en una correcta detección de los objetos en movimiento. Este artículo presenta el desarrollo de un algoritmo de modelo de fondo basado en morfología matemática para la detección y análisis de objetos en videos tomados desde un dron con vista cenital en glorietas. La metodología propuesta utiliza un proceso morfológico sobre imágenes en escala de grises para resaltar las texturas y características distintivas de la escena. Posteriormente, se estima el valor esperado de la intensidad de los pixeles a través de la moda estadística, lo que permite que el modelo propuesto utilice exclusivamente operaciones con números enteros. La propuesta al trabajar sobre lógica entera permite la eficiencia del rendimiento computacional y evitar las limitaciones asociadas a los cálculos de punto flotante. Esta característica permite un trabajo eficiente en arquitecturas mínimas con un gasto energético eficiente. La implementación y evaluación experimental del algoritmo demuestran su efectividad en la detección robusta de objetos en escenarios estáticos y dinámicos, sin verse afectado por variaciones en la perspectiva de los objetos y los cambios lumínicos del escenario. Este enfoque contribuye al desarrollo de soluciones eficientes y no intrusivas para el análisis del tráfico urbano, facilitando la toma de decisiones en la planificación y gestión de la movilidad.

***Palabras clave*—modelo de sustracción de fondo, morfología matemática, monitoreo inteligente urbano, análisis de flujo vial, moda estadística.**

I. Introducción

El monitoreo de tráfico en tiempo real se ha vuelto esencial para las ciudades modernas, especialmente a medida que el crecimiento urbano crea desafíos complejos en la movilidad. Las soluciones de movilidad inteligente, basadas en tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, permiten recopilar, analizar y gestionar datos en tiempo real, optimizando el flujo vehicular y mejorando la seguridad vial (Bhavsar & Kalra, 2023; Xu et al., 2024). Estas tecnologías forman parte de una tendencia hacia el desarrollo de sistemas de transporte más sostenibles y eficientes, que ayudan a mitigar la congestión en las áreas urbanas (Li et al., 2023). Una solución ampliamente adoptada en visión por computadora es la sustracción de fondo, técnica que permite la detección de objetos en movimiento mediante la diferenciación entre los elementos dinámicos y estáticos de una escena (Roy & Biswas, 2023). No obstante, los modelos convencionales de sustracción de fondo enfrentan dificultades significativas en condiciones no controladas, como cambios abruptos en la iluminación, presencia de sombras, y la variabilidad de objetos en la escena (Sun et al., 2019). Estos problemas son especialmente críticos en aplicaciones en exteriores, donde las condiciones cambian de forma impredecible.

Diversas aproximaciones estadísticas, como las mezclas de Gaussianas (Zeng et al., 2020), y métodos basados en modelos no paramétricos (Chen et al., 2019), han sido ampliamente investigados para abordar estas limitaciones. Sin embargo, muchos de estos enfoques requieren una cantidad considerable de recursos computacionales, debido a la necesidad de realizar cálculos en punto flotante y ajustarse continuamente a las variaciones en las condiciones ambientales (Zeng et al., 2020). Esto limita su aplicación en sistemas embebidos o en dispositivos con recursos limitados, como drones o sistemas de vigilancia autónoma (Nebili et al., 2020).

A pesar de los avances en este campo, sigue siendo necesario desarrollar algoritmos robustos y eficientes que puedan adaptarse a entornos cambiantes sin requerir un alto poder de procesamiento (Benetti & Caputo, 2019). En el contexto de las ciudades inteligentes, como lo establece la ONU en su agenda 2030, se busca implementar tecnologías resilientes que puedan adaptarse a las necesidades tecnológicas, sociales y ambientales cambiantes. En particular, se espera que las ciudades sean capaces de utilizar eficientemente los recursos viales, lo cual requiere de sistemas que permitan medir y analizar variables como la densidad de tráfico, el flujo vehicular y la ocupación de espacios, sin comprometer la privacidad de los individuos (Naciones Unidas, 2015).

Los sistemas de monitoreo automático por medio de visión por computadora es una alternativa viable, pues permite inferir estas variables de forma no intrusiva mediante el análisis de videos capturados en puntos estratégicos. Aunque la visión por computadora no es perfecta y presenta ciertas limitaciones en cuanto a precisión, su capacidad para proporcionar datos indirectos sobre el uso de recursos viales sin violar la privacidad es una ventaja considerable (Murugan & Vijaykumar, 2018). Sin embargo, los algoritmos actuales utilizados en estos sistemas se ven limitados por su dependencia de operaciones en punto flotante y por su falta de adaptabilidad en entornos exteriores donde las condiciones de iluminación y los objetos en la escena varían constantemente.

La morfología matemática es una herramienta en el procesamiento de imágenes que permite analizar y procesar estructu-

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Informática Av. de las Ciencias S/N, Juriquilla, 76230 Santiago de Querétaro, Qro., México. ∗ Autor de Correspondencia

ras geométricas mediante operaciones como la erosión, la dilatación, la apertura y el cierre (Soille, 2003). Estas operaciones se distinguen de otros enfoques, como los modelos estadísticos o los algoritmos basados en aprendizaje, al operar directamente sobre la estructura de la imagen sin necesidad de entrenamiento previo o ajuste de parámetros complejos. La morfología matemática se basa en operaciones de conjuntos que permiten resaltar características específicas de las imágenes, tales como bordes o texturas, lo cual facilita la segmentación de objetos con una baja complejidad computacional (González & Woods, 2018). Además, el uso de operaciones morfológicas garantiza que la integridad estructural de los objetos sea preservada, lo cual es especialmente útil en aplicaciones donde se busca un análisis detallado de la geometría de los objetos presentes en la escena.

En el contexto de la movilidad urbana, la aplicación de drones ha revolucionado el monitoreo del tráfico al proporcionar una vista aérea sin obstrucciones, lo que permite capturar información detallada sobre el flujo vehicular y la ocupación de las infraestructuras viales (Butilă & Boboc, 2022). Los drones, equipados con sistemas de visión por computadora, pueden proporcionar datos en tiempo real desde una perspectiva cenital, lo cual elimina problemas de perspectiva y distorsión que suelen presentarse en cámaras terrestres (Soille & Grazzini, 2008). Esta capacidad de monitoreo desde el aire facilita la detección de patrones de tráfico y permite una mejor comprensión de la dinámica vehicular, contribuyendo a la implementación de estrategias para la optimización de la movilidad y la reducción de la congestión urbana (Marcotegui et al., 2010).

En este trabajo, se propone un modelo de fondo basado enteramente en operaciones morfológicas para resaltar las texturas y características distintivas de la escena, lo que permite una detección más robusta de objetos en movimiento. Además, el uso de la moda como criterio para la actualización del modelo de fondo garantiza una adaptación continua a las variaciones graduales en la escena, como los cambios de iluminación debidos al paso de las nubes o al movimiento del sol. Al operar exclusivamente con valores enteros, se evita el sobrecosto computacional asociado a las operaciones en punto flotante, facilitando la implementación en sistemas embebidos de bajo costo, como FPGA (Field Programmable Gate Array) o microcontroladores.

Este enfoque tiene aplicaciones prácticas en el monitoreo del tráfico urbano. Al mejorar la detección de objetos en movimiento, se pueden analizar los patrones de su dinámica en el tiempo y obtener información sobre el flujo a lo largo del tiempo mediante el uso de drones. Esto permite monitorear zonas urbanas sin necesidad de instrumentar físicamente los espacios para medir las variables del flujo vehicular, contando así con una tecnología de monitoreo portátil adaptable a distintas áreas urbanas.

II. Fundamentos teóricos

II-A. Morfología matemática

La morfología matemática permite el análisis de formas y estructuras en imágenes, inicialmente en el ámbito de imágenes binarias y luego extendida a imágenes en escala de grises (Matheron, 1975; Serra, 1982). Su objetivo es estudiar y manipular las estructuras geométricas que forman parte de las imágenes, utilizando operadores que se basan en la relación espacial entre los elementos de la imagen (Meyer, 1998). Esto es fundamental para resaltar patrones específicos sin depender exclusivamente de la intensidad de los píxeles, permitiendo que los operadores morfológicos extraigan características relevantes para el análisis de texturas y formas (Soille, 2003).

Desde el punto de vista matemático, una imagen puede considerarse como un grafo, en el cual, cada píxel está conectado a sus vecinos de manera definida, generando una estructura conectada que facilita la manipulación mediante operadores morfológicos (Vincent & Soille, 1991). En este contexto, el concepto de conectividad define la manera en que los elementos dentro de la imagen (como píxeles o grupos de píxeles) están interrelacionados para formar patrones observables, lo cual permite el uso de técnicas como la dilatación, la erosión, la apertura y el cierre (González & Woods, 2018). Estas técnicas permiten transformar la imagen de manera que las propiedades espaciales de las regiones de interés queden resaltadas o suavizadas, lo cual es esencial en la identificación y el análisis de estructuras internas (Soille, 2003).

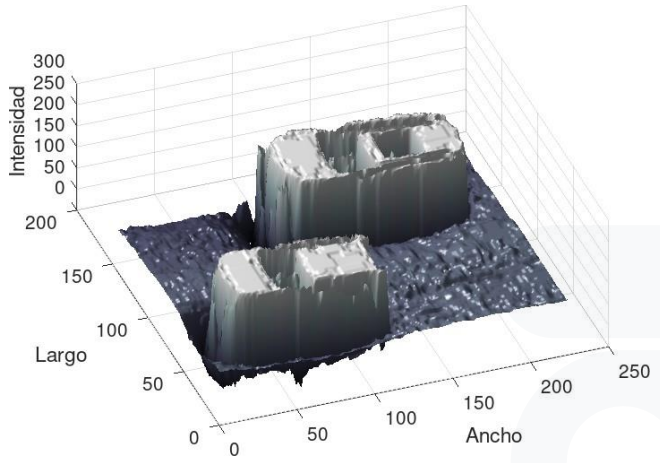
En el análisis de imágenes de video, las estructuras de interés pueden representarse mediante los cambios de intensidad en cada cuadro, ya que estos cambios codifican la información de la textura y forma de los objetos presentes en la escena (Cucchiara et al., 2003). La textura de los objetos, en este contexto, se manifiesta en las variaciones de las intensidades reflejadas en el video (ver figura 1). Debido a esta relación, el uso de operadores morfológicos permite implementar procesos de análisis capaces de detectar las texturas dominantes de la escena a lo largo del tiempo (Soille, 2003). De esta manera, es posible identificar y catalogar elementos que alteran la estructura de la textura dominante, permitiendo así detectar y clasificar los objetos en movimiento dentro del entorno visual.

II-B. Principales operaciones morfológicas

- Dilatación: La dilatación es una operación básica en morfología matemática que expande las regiones de la imagen, conectando y agrandando las áreas de mayor intensidad en imágenes de escala de grises. Este proceso utiliza un elemento estructurante, que es una pequeña matriz o plantilla de una forma específica, para definir cómo se aplicará la dilatación en cada píxel de la imagen. Al comparar el área local alrededor de cada píxel con el elemento estructurante, la dilatación permite unir regiones brillantes cercanas y hacer más prominentes ciertos detalles de la estructura, lo que es útil para mejorar la visibilidad de bordes o características internas de los objetos (Heijmans, 1994; Serra, 1982).



a)



b)

Figura 1: Representación de textura. a) Imagen original en escala de grises. b) Representación de la textura a partir de las intensidades. Fuente: Elaboración propia.

La dilatación de un conjunto A por un elemento estructurante B se define como:

$$A \oplus B = \{z \in E \mid (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \tag{1}$$

En el caso de una imagen f en escala de grises, la dilatación se expresa como:

$$(f \oplus b)(x) = \max_{y \in B} \{f(x-y) + b(y)\} \tag{2}$$

donde B es el elemento estructurante desplazado y $b(y)$ es la función que define el valor del elemento estructurante en la posición y.

- Erosión: A diferencia de la dilatación, la erosión reduce las regiones de intensidad elevada en la imagen, eliminando elementos pequeños y, en ocasiones, ruido de alta frecuencia en las imágenes. Al aplicar la erosión con un elemento estructurante, la operación evalúa los vecinos de cada píxel y reduce el tamaño de las regiones en función de la forma y el tamaño del elemento. Este proceso es especialmente útil para aislar estructuras individuales y limpiar pequeñas imperfecciones que podrían interferir con el análisis morfológico de una imagen (Haralick et al., 1987).
  La erosión de un conjunto A por un elemento estructurante B se define como:

$$A \ominus B = \{z \in E \mid (B)_z \subseteq A\} \tag{3}$$

  En una imagen en escala de grises, la erosión se expresa como:

$$A \ominus B = \{z \in E \mid (B)_z \subseteq A\} \tag{4}$$

- Apertura: La apertura es una operación compuesta que consiste en una erosión seguida de una dilatación. Este proceso permite suavizar contornos irregulares y eliminar elementos pequeños que no forman parte de la estructura principal de una imagen. Es particularmente útil para separar objetos en la imagen que están conectados por estructuras finas o ruido no deseado. Al aplicar la apertura, se pueden mantener las formas generales de los objetos sin los elementos adicionales que distorsionen el análisis, lo cual facilita la segmentación y la identificación de patrones en una imagen compleja (Soille, 2003).
  Para un conjunto A y un elemento estructurante B, se define como:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \tag{5}$$

  En una imagen en escala de grises, la apertura se aplica como:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \tag{6}$$

- Cierre: El cierre es el proceso inverso de la apertura, ya que consiste en aplicar primero una dilatación y luego una erosión. Su propósito principal es llenar huecos o espacios pequeños en las estructuras de la imagen, conectando regiones cercanas y suavizando contornos. En aplicaciones de procesamiento de imágenes, el cierre es eficaz para unir regiones disjuntas que forman parte de la misma estructura visual y eliminar pequeños espacios entre áreas que deberían ser analizadas como una única entidad. Esto resulta útil en la consolidación de objetos con contornos irregulares o en la eliminación de pequeños huecos dentro de regiones sólidas (Haralick et al., 1987; Soille, 2003).
  Para un conjunto A y un elemento estructurante B, se define como:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \tag{7}$$

  En una imagen en escala de grises, el cierre se aplica como:

$$(f \cdot b)(x) = ((f \oplus b) \ominus b)(x) \tag{8}$$

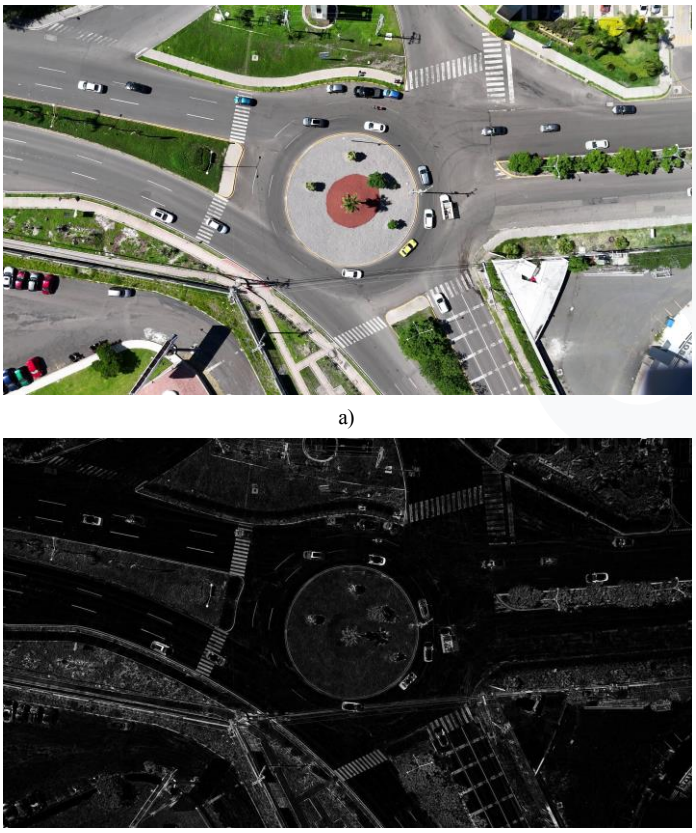
II-C. Transformada morfológica Top-Hat

La transformada top-hat se define como la diferencia entre la imagen original y su apertura morfológica (Serra, 1982), destacando así los objetos más brillantes que el fondo.

$$T(I) = I - A(I) \tag{9}$$

Donde I es la imagen original y $A(I)$ es la imagen después de aplicar la operación de apertura. Esta etapa es crucial para realzar las texturas y elementos que posteriormente permitirán identificar de manera más precisa los vehículos y otros objetos en movimiento.

La transformada morfológica top-hat permite resaltar zonas de alto contraste al aplicarle elementos estructurantes planos (Heijmans, 1994). Esta propiedad se utiliza para detectar la textura de la imagen adquirida, de forma que, será utilizada para determinar la intensidad estable sin que alteraciones de traslación en el eje de intensidad le afecten (cambios lumínicos).



a)

b)

Figura 2: Implementación de la transformada morfológica top-hat. a) Imagen original. b) Imagen después de aplicarle la transformada morfológica top-hat.
Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

El presente trabajo implementa un algoritmo de sustracción de fondo basado completamente en operaciones morfológicas y lógica entera. El esquema de la propuesta se ilustra en la figura 3. Tomando como referencia este diagrama se describe paso a paso la propuesta presentada.

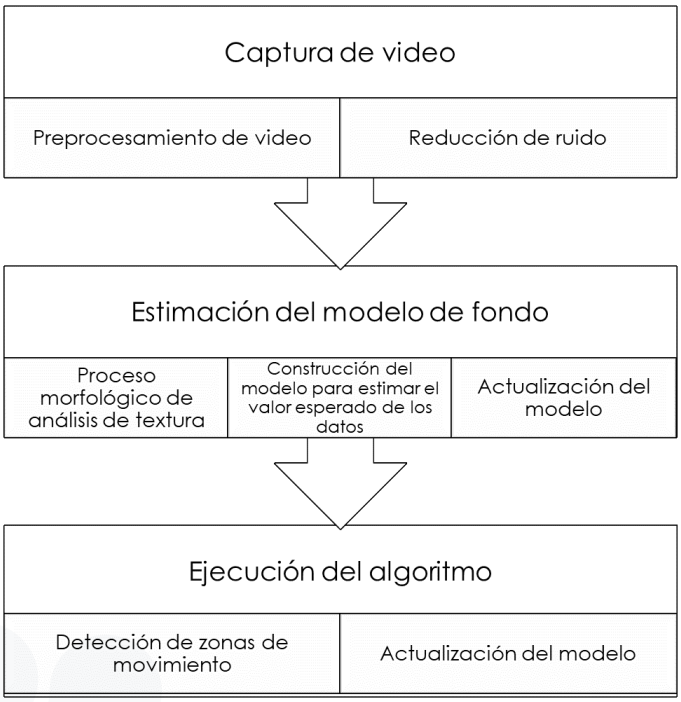


Figura 3: Diagrama de flujo de la metodología.
Fuente: Elaboración propia.

III-A. Captura de video

El proceso de captura, preprocesamiento y reducción de ruido del video consiste en seleccionar la arteria urbana de interés y posicionar al dron a una altura determinada con una orientación al norte. Posterior a esto, el dron grabará video de la dinámica observable de los vehículos. La secuencia de imágenes adquirida por el dron contiene ruido de adquisición, en este proceso, se asume que este ruido tiene una media $\mu = 0$, por lo cual, se implementa un filtro pasa bajas para eliminarlo. Además, se hace corrección de la saturación de los colores de la imagen para garantizar que la toma esté dispersa en todo el espectro visible de la cámara. Para el desarrollo de la propuesta, se considera cada fotograma expresado en escala de grises.

III-B. Estimación del modelo de fondo

El modelo de fondo se construye utilizando la moda resultado de la imagen después de aplicar el top-hat, que se selecciona píxel a píxel a lo largo de los cuadros del video. Este enfoque se elige para evitar el uso de operaciones en punto flotante, permitiendo que todo el procesamiento se realice con valores enteros, lo que mejora la eficiencia computacional y facilita la implementación en sistemas embebidos.

El modelo de fondo basado en la moda tiene la ventaja de adaptarse de manera continua a los cambios graduales en la escena, como la variación en la iluminación o el paso de

nubes, lo que resulta en una estimación más precisa y robusta del fondo a lo largo del tiempo.

A medida que avanza el video, el algoritmo actualiza el modelo de fondo de forma dinámica. Cuando se detectan cambios drásticos en la escena, como un aumento repentino en el número de objetos en movimiento, se reinicia el modelo, eliminando los valores previamente almacenados y comenzando un nuevo proceso de adaptación. Este mecanismo permite que el algoritmo sea resiliente a cambios bruscos en la escena sin perder precisión. Además, la utilización de un *buffer* de valores anteriores permite que el algoritmo responda rápidamente a estos cambios, garantizando una convergencia rápida hacia un modelo estable del fondo.

III-C. Ejecución del algoritmo

En cada fotograma, se calcula la diferencia entre el fondo estimado y la imagen actual para identificar las áreas con objetos en movimiento. Esta diferencia se umbraliza y se somete a operaciones morfológicas básicas para reducir el ruido y conectar zonas de movimiento, permitiendo así una segmentación precisa de los vehículos.

El fondo se ajusta gradualmente para reflejar cambios en la escena, mientras que un *buffer* de valores previos permite detectar y responder rápidamente a cambios abruptos, reiniciando el modelo donde sea necesario. Este proceso asegura que el fondo se mantenga estable, diferenciando eficazmente los elementos estáticos de los dinámicos.

IV. Discusión y análisis de resultados

Para validar la propuesta, se elabora un conjunto de pruebas sobre videos tomados en exterior. Las características de los videos se describen a continuación:

- 60 cuadros (frames) por segundo.
- Resolución 4k.
- 99 metros de altura.
- Alineación con el norte (0°).
- Vista completamente cenital (90° respecto al suelo).

Por cada video se aplicará el algoritmo y se detectarán las zonas en movimiento. Las condiciones de operación de la propuesta se presentan a continuación:

- 500 cuadros iniciales para estimar la moda.
- 40 (intensidad de píxel) de umbral de diferencia para determinar movimiento.

IV-A. Estimación del fondo y primer plano

Para analizar la evolución de la intensidad de cada píxel a lo largo del tiempo, se implementó un método basado en la construcción de un cubo de datos. Este cubo de datos permite representar el histograma de las intensidades de una fila específica de píxeles en una secuencia de video, proporcionando una visión detallada de cómo las intensidades cambian y se distribuyen temporalmente.

La implementación comienza con la selección de una fila de píxeles en la imagen. Para cada cuadro del video, se extraen los valores de intensidad de cada píxel en esta fila seleccionada. Posteriormente, estos valores se registran y organizan en un histograma, lo cual se repite para cada cuadro en la secuencia de video. Este proceso da lugar a una representación tridimensional (el cubo de datos), en la que:

- El eje X representa la posición de cada píxel en la fila seleccionada.
- El eje Y corresponde a los contadores de las intensidades en el histograma para cada píxel.
- El eje Z (o temporal) representa el progreso de los cuadros en el video.

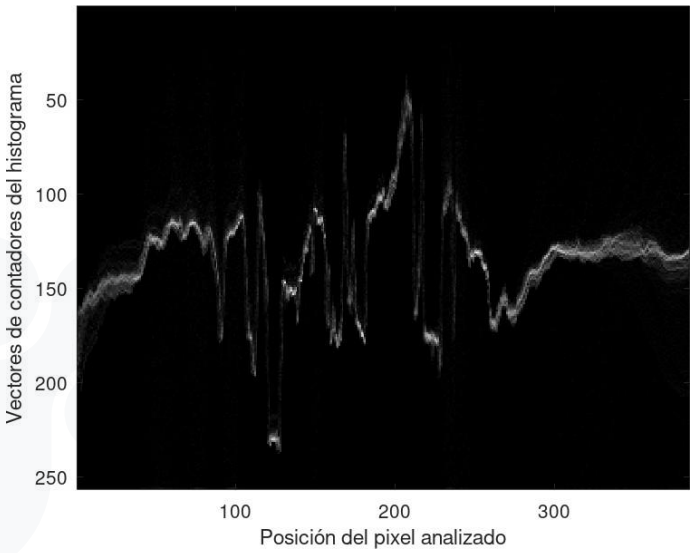


Figura 4: Línea de perfil de pixeles donde se ilustra el histograma de las intensidades codificadas en pseudocolor. Zonas obscuras representan baja frecuencia y zonas claras representan alta frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

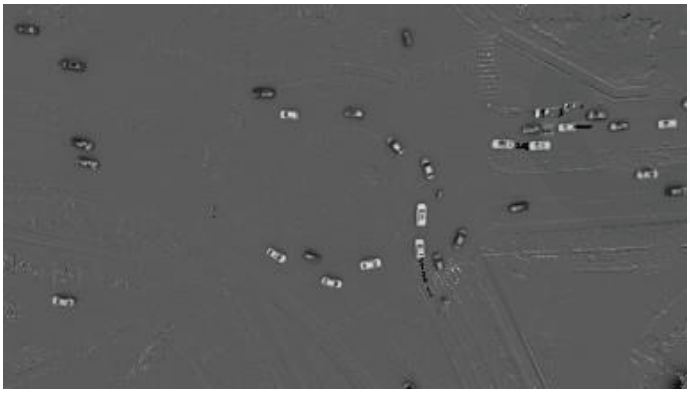
La figura 4 representa el cubo de datos desde una perspectiva que facilita observar cómo las intensidades de cada píxel cambian con el tiempo. Esta representación permite analizar los patrones de textura y los movimientos a lo largo de la escena, destacando las fluctuaciones en los contadores del histograma que representan variaciones en la iluminación o en los objetos en movimiento. En particular, los picos y valles en los contadores del histograma indican cambios significativos de intensidad en los píxeles, los cuales suelen estar asociados a la presencia de objetos en movimiento o a modificaciones en las condiciones de iluminación. Esta información es valiosa para distinguir entre el fondo estático de la imagen y las variaciones dinámicas que aparecen en la escena, proporcionando una base sólida para la detección de movimiento y el análisis de fondo.



a)



b)



c)

Figura 5: Implementación del modelo propuesto. a) Imagen original. b) Fondo estimado utilizando la moda estadística después de la transformada morfológica top-hat. c) Primer plano estimado (diferencia entre la imagen original y el fondo estimado).
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen de la figura 5a) representamos a la imagen de la glorieta en su estado original, capturada en color y mostrando tanto los vehículos en movimiento como la infraestructura vial. Esta imagen proporciona una base visual del entorno, con todos los elementos presentes, incluidos vehículos, señales de tráfico y características propias del pavimento. La inclusión de color en esta imagen permite una mejor interpretación de los diferentes componentes y destaca los elementos de tráfico en contraste con el fondo estático de la calle. Este estado inicial nos sirve como referencia visual para observar los cambios obtenidos con el modelo de fondo.

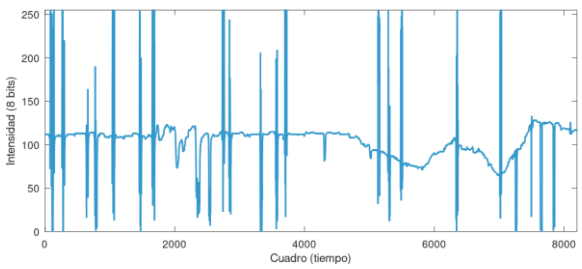
En la figura 5b), se muestra el fondo estimado después de aplicar la transformada morfológica y el modelo de moda estadística. En este resultado, se observa únicamente la infraestructura vial sin la presencia de vehículos ni otros elementos dinámicos. La aplicación de la transformada morfológica ha permitido suavizar las irregularidades en la imagen y acentuar las características estructurales de la calle, eliminando de manera efectiva las partes móviles. Este resultado confirma que el modelo basado en moda estadística es eficaz para identificar patrones consistentes a lo largo del tiempo, como el pavimento, y elimina aquellos elementos efímeros, cumpliendo así el objetivo de obtener una representación limpia del fondo. Finalmente, la imagen 5c) muestra el primer plano estimado, generado al calcular la diferencia entre la imagen original y el fondo estimado. En esta imagen, los vehículos en movimiento destacan claramente contra el fondo, proporcionando una representación precisa de los elementos dinámicos. La diferencia de intensidades resalta los vehículos, lo que demuestra que el modelo propuesto es capaz de detectar y segmentar eficazmente los objetos en movimiento. Este enfoque facilita el análisis de tráfico, ya que permite identificar el flujo vehicular y otros patrones dinámicos en la glorieta sin la interferencia del fondo estático. Además, la claridad con la que se presentan los vehículos en el primer plano destaca la precisión del modelo en la preservación de los detalles relevantes para el análisis.

IV-B. Comportamiento de intensidades

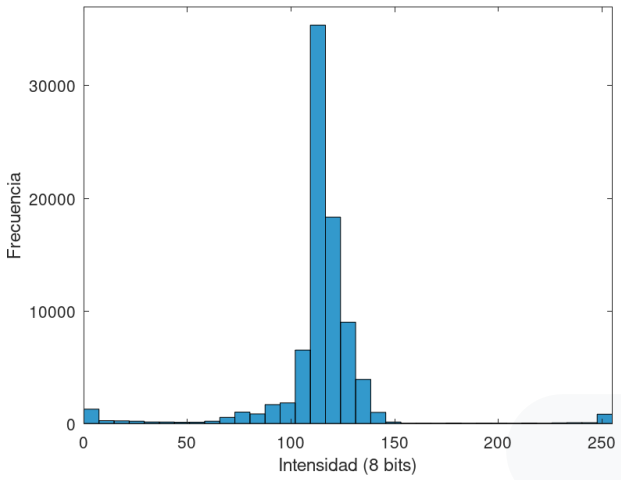
La figura 6a) representa la intensidad de un píxel arbitrario del video a lo largo del tiempo. Se observa una intensidad base, que representa el color de fondo, correspondiente a la superficie de la avenida, y en general, se mantiene estable en valores de intensidad, aunque con algunas fluctuaciones. Estas variaciones menores reflejan cambios en las condiciones de iluminación a lo largo del día, posiblemente debido al movimiento solar o la presencia de nubes que alteran la iluminación directa. Las líneas verticales de mayor intensidad corresponden a la aparición de vehículos que pasan sobre el píxel. Estas variaciones son significativas y se destacan del valor base del fondo, lo cual es útil para diferenciar el movimiento de los vehículos del fondo estático.

Este patrón demuestra que el modelo empleado puede adaptarse a cambios graduales en la iluminación, permitiendo que el valor esperado del fondo se ajuste a las variaciones naturales del día sin confundirlas con el movimiento de vehículos. Esto sugiere que el modelo es robusto frente a fluctuaciones de luz, lo cual es fundamental para aplicaciones en ambientes al aire libre, donde las condiciones de iluminación pueden variar considerablemente.

Por otro lado, el histograma de la figura 6b) muestra la distribución de intensidad en un intervalo de tiempo del video. Se observa una concentración clara alrededor de ciertos valores de intensidad que representan el fondo (la superficie de la avenida). Aunque estos valores pueden presentar ligeras variaciones debido a cambios en la iluminación, las distribuciones



a)



b)

Figura 6: a) Intensidad de un píxel a través del tiempo. b) Histograma de intensidad del píxel.
Fuente: Elaboración propia.

mantienen una forma consistente en cada canal, lo que indica estabilidad en el color de fondo.

Este comportamiento refuerza la efectividad del modelo para capturar la variabilidad lumínica sin desestabilizar la representación del fondo, ya que los valores esperados no sufren desviaciones abruptas que podrían confundirse con movimiento. La forma estable del histograma sugiere que, a pesar de los cambios en la intensidad debidos a condiciones ambientales, la estructura cromática del fondo se conserva, permitiendo distinguir fácilmente los eventos de movimiento cuando se presentan picos significativos en los histogramas, causados por objetos en movimiento (como vehículos).

IV-C. Aplicaciones en sistemas de monitoreo automático

El algoritmo desarrollado tiene aplicaciones en sistemas de monitoreo automático, donde es necesario analizar y seguir el movimiento de objetos en una escena. En el caso de sistemas de vigilancia del tráfico, el algoritmo permite la detección y rastreo de vehículos a partir de un modelo de fondo que aísla los elementos dinámicos de la escena (Babaee et al., 2018). Esto es útil para aplicaciones como la supervisión de tráfico en intersecciones, rondas de monitoreo en áreas urbanas y la evaluación de patrones de movimiento (Brahmbhatt et al., 2021).

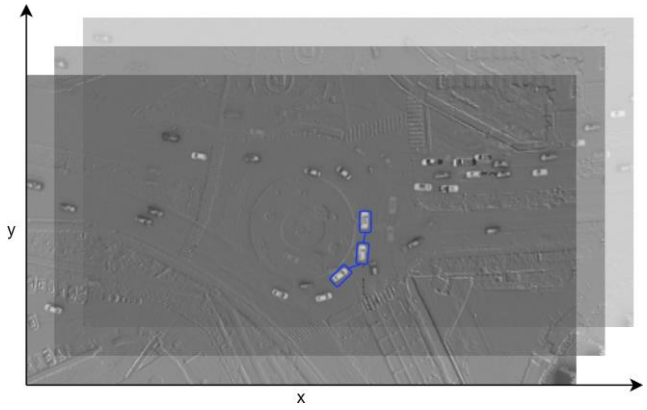


Figura 7: La imagen muestra cómo, a partir del modelo de fondo, se identifican los vehículos en movimiento y se trazan sus trayectorias en tiempo real.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 7 muestra cómo, a partir del modelo de fondo, es posible extraer trayectorias de vehículos en movimiento. Cada cuadro de video se compara con el modelo de fondo para detectar áreas de cambio en la intensidad de los píxeles, identificando así los vehículos en movimiento (Nguyen & Woo, 2019). Una vez detectados, se puede realizar un seguimiento de sus trayectorias mediante la superposición de contornos o marcas visuales. Las líneas conectan las posiciones de los vehículos en cada cuadro, generando una representación clara de sus trayectorias en tiempo real.

Esta técnica permite analizar flujos vehiculares y detectar comportamientos anómalos, como el cambio de carriles o detenciones repentinas. Además, es útil para implementar sistemas de conteo de vehículos, medición de velocidad promedio y detección de congestión en zonas críticas (Aldhaheri et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

Uno de los principales logros de este estudio es la capacidad del modelo de fondo basado en la moda para adaptarse de manera dinámica a los cambios en la escena, como las variaciones en la iluminación debido al paso de las nubes o al movimiento del sol. Este tipo de adaptabilidad garantiza que el algoritmo sea resiliente frente a cambios graduales, manteniendo la precisión y reduciendo la necesidad de re-iniciar o re-calibrar el sistema constantemente. Asimismo, se ha demostrado que la actualización del modelo con un *buffer* de valores anteriores contribuye a una convergencia rápida y estable, asegurando una respuesta eficiente ante cambios abruptos.

No obstante, existen algunas situaciones que pueden abordarse en futuros trabajos. Por ejemplo, evaluar criterios para la detección de zonas saturadas de objetos en movimiento. Además, sería interesante explorar el impacto de diferentes tipos de operaciones morfológicas y elaborar un análisis comparativo de su efectividad para diferentes contextos. Incorporar

modelos de adaptación continua y aprendizaje automático en tiempos largos para evaluar la consistencia del método.

En conclusión, el enfoque basado en morfología matemática y el uso de la moda como criterio para determinar el valor esperado y la actualización del modelo de fondo proporcionan una solución efectiva y eficiente para la detección de objetos en entornos urbanos, con una gran aplicabilidad en el monitoreo del tráfico urbano. La combinación de algoritmos de visión por computadora con la perspectiva aérea proporcionada por drones tiene un gran potencial para revolucionar la forma en que las ciudades inteligentes gestionan sus recursos viales, contribuyendo a una movilidad más segura y eficiente. Futuros trabajos deberían enfocarse en la optimización del rendimiento en escenarios más complejos y en la integración de enfoques híbridos que combinen morfología matemática con métodos basados en aprendizaje automático, con el fin de mejorar aún más la robustez y adaptabilidad de los sistemas de análisis de video.

Referencias

Aldhaheri, M. A., Mirmehdi, M., & Damen, D. (2020). Vehicle counting and classification in challenging scenarios. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *21*(7), 2929-2941.

Babaee, M., Dinh, D. T., & Rigoll, G. (2018). A deep convolutional neural network for background subtraction. *Pattern Recognition*, *76*, 635-649.

Benetti, F., & Caputo, A. (2019). EFF-ViBE: An Efficient and Improved Background Subtraction Approach Based on ViBE. *MECS I.J. Image, Graphics and Signal Processing*, *2*, 1-14.

Bhavsar, P., & Kalra, M. K. (2023). *Enabling Technologies for Urban Smart Mobility: Recent Trends, Opportunities and Challenges*. MDPI. https: / / doi. org / 10. 3390 / smartcities5030024

Brahmbhatt, P., Rastogi, R., & Singh, P. (2021). Traffic surveillance: A real-time vehicle detection and counting using deep learning approach. *Multimedia Tools and Applications*, *80*(3), 1-18.

Butilă, E. V., & Boboc, R. G. (2022). Urban Traffic Monitoring and Analysis Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Systematic Literature Review. *Remote Sensing*, *14*(3), 620. https: / / dio. org / 10. 3390 / rs14030620

Chen, Z., Wang, R., Zhang, Z., Wang, H., & Xu, L. (2019). Background–foreground interaction for moving object detection in dynamic scenes. *Information Sciences*, *483*, 65-81.

Cucchiara, R., Grana, C., Piccardi, M., & Prati, A. (2003). Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams by exploiting color and motion information. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *25*(10), 1337-1342.

González, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (4th). Pearson.

Haralick, R. M., Sternberg, S. R., & Zhuang, X. (1987). Image analysis using mathematical morphology. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.

Heijmans, H. J. A. M. (1994). *Morphological Image Operators*. Academic Press.

Li, Y., Chen, R., & Xu, Z. (2023). Enhancing Urban Traffic Management: Advanced Strategies in Image Recognition-Based Intelligent Traffic Monitoring. *IIETA*. https://doi.org/10.18280/mmep.100302

Marcotegui, B., et al. (2010). Interactive video segmentation using quasi-flat zones and morphological operators. *International Journal of Computer Vision*.

Matheron, G. (1975). *Random Sets and Integral Geometry*. Wiley.

Meyer, F. (1998). *Mathematical Morphology: From Theory to Applications*.

Murugan, V., & Vijaykumar, V. R. (2018). Automatic moving vehicle detection and classification based on artificial neural fuzzy inference system. *Wireless Personal Communications*, *100*(3), 745-766.

Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [Último acceso: 29 de octubre de 2024]. https://sdgs.un.org/2030agenda

Nebili, W., Farou, B., & Seridi, H. (2020). Background subtraction using artificial immune recognition system and single Gaussian (airs-sg). *Multimedia Tools and Applications*, *79*(35), 26099-26121.

Nguyen, D. T., & Woo, S. S. (2019). Real-time traffic flow measurement using background subtraction technique. *Sensors*, *19*(15), 3338.

Roy, A., & Biswas, S. (2023). A multi-scale feature fusion spatial-channel attention model for cross-scene background subtraction. *Multimedia Tools and Applications*, *82*(11), 13497-13522. https://doi.org/10.1007/s11042-022-12655-1

Serra, J. (1982). *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Academic Press.

Soille, P. (2003). *Morphological Image Analysis: Principles and Applications* (2nd). Springer.

Soille, P., & Grazzini, J. (2008). Spatio-temporal quasi-flat zones for morphological video segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.

Sun, P., Lv, L., Qin, J., & Lin, L. (2019). Moving target detection based on multi-feature adaptive background model. *2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 1610-1614.

Vincent, L., & Soille, P. (1991). Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *13*(6), 583-598.

Xu, Z., Li, H., & Qian, J. (2024). IoT-Enabled Real-Time Traffic Monitoring and Control Management for In-

telligent Transportation Systems. *IEEE Xplore*. https://doi.org/10.1109/TITS.2024.10384717

Zeng, W., Xie, C., Yang, Z., & Lu, X. (2020). A universal sample-based background subtraction method for traffic surveillance videos. *Multimedia Tools and Applications*.

Modulación de la Dimensionalidad en SBA-15 Mediante Parámetros de Síntesis

Dimensionality Modulation of Mesoporous Silica SBA-15 Through Synthesis Parameters

Ed Fabián Sánchez Ramírez.[1] (edfabian.s.r@gmail.com) María de los Ángeles Cuán Hernández.[1] (angelescuan@gmail.com) Rufino Nava Mendoza.[1] (rufino@uaq.mx) Luz M. López Marín.[2] (lmlm@unam.mx) Rodrigo Díaz Díaz.[1] (rdiaz31@alumnos.uaq.mx)
[1]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada

Resumen
El objetivo de este estudio es determinar los parámetros de síntesis necesarios para obtener SBA-15 de dimensiones de 350 nm x 500 nm o menores, buscando su aplicación potencial como transportador de fármacos. El método de síntesis consistió en la hidrólisis y condensación de Tetraetil ortosilicato (TEOS) sobre un ensamble de copolímero de tribloque Pluronic P123 en medio ácido acuoso, siguiendo una metodología previamente establecida por el grupo de investigación. Se evaluó el efecto de tres parámetros clave en el tamaño de las SBA-15: el pH del medio, el uso de la agitación continua o reposo durante la reacción, y relación molar TEOS/Pluronic P123. Cada variable se evaluó en intervalos específicos basados en la literatura existente. Se obtuvieron dos tipos de partículas de SBA-15 de longitudes y morfologías diferentes: la primera, con una longitud de 808 nm (medida por Dispersión de luz dinámica), presentó una estructura torcida y aglomerada, y la segunda de 560 nm, mostró una estructura recta y menos aglomerada. Las posibles causas de estas diferencias en tamaño y morfología se explican: la concentración de HCl afecta la función catalítica ácida en la reacción del TEOS; la agitación continua favorece las colisiones y agregación de las partículas; el incremento de la relación molar TEOS/P123 genera oligómeros de silicato de mayor tamaño que se adhieren a los cepillos de óxido de etileno de las micelas, incrementando la carga superficial y repulsión, lo que contribuye a una disminución de la longitud de los bastoncillos de SBA-15.

Palabras clave: NAN. Sílice mesoporosa SBA-15. Acidez. Control morfológico. Control de tamaño. Método de síntesis.

Abstract
The goal of this study is to determine the necessary synthesis parameters to obtain SBA-15 with dimensions of 350 nm x 500 nm or smaller, targeting its potential application as a drug delivery carrier. The synthesis involved the hydrolysis and condensation of tetraethyl orthosilicate (TEOS) on an assembly of the triblock copolymer Pluronic P123 in an acidic aqueous medium, following a methodology previously established by the research group. Three key parameters were investigated to evaluate their effect on the size of SBA-15 particles: the medium's pH, the use of continuous stirring or resting during the reaction, and the TEOS/Pluronic P123 molar ratio. Each variable was evaluated within specific ranges based on existing literature. As a result, two types of SBA-15 particles with different lengths and morphologies were obtained: one measuring 808 nm (assessed by dynamic light scattering) with a twisted, agglomerated structure, and the other 560 nm, showing a straight, untwisted, and less agglomerated structure. Analysis of these differences in particle size and morphology suggested that HCl concentration impacts the acidic catalytic function in the TEOS reaction, continuous stirring promotes particle collision and aggregation, and increasing the TEOS/P123 molar ratio leads to larger silicate oligomers that adhere to the ethylene oxide brushes of the micelles, enhancing surface charge and repulsion, which in turn contributes to a reduction in the length of SBA-15 rods.

Keywords: NAN. Mesoporous Silica SBA-15. Acidity. Morphological control. Size control. Synthesis method.

Introducción

El tratamiento de enfermedades mediante administración de moléculas de fármaco libres presenta, dentro del torrente sanguíneo, limitada eficacia debido a baja solubilidad, poca estabilidad, toxicidad indeseada o dificultad para cruzar la membrana celular. (Yoo et al., 2011).

Una de las maneras de abordar estas limitantes y poder aplicar de manera eficiente medicamentos a células enfermas se basa en imitar sistemas naturales utilizados para el transporte de moléculas entre células. Esto se incluye en la definición de biomimetismo (del término "biomimetism" en lengua inglesa), referente a la creación de estructuras artificiales que imitan características de modelos y sistemas existentes en la naturaleza. Esta imitación abarca procesos biológicos desde la macro hasta la nano escala. (Gareev et al., 2022)

De los materiales biomiméticos que han demostrado ser aptas para el fin mencionado, son las denominadas protocélulas, las cuales consisten en una nanopartícula o material nanoestructurado (capaz de adsorber fármacos en su superficie) recubierto de una membrana lipídica, de manera que imita la superficie de las membranas citoplasmáticas de las células (la composición de la membrana lipídica dependerá del tipo de célula que se quiera imitar) (Sushnitha et al., 2020). De esta manera, las protocélulas evitan ser detectadas como un cuerpo extraño por el sistema inmunológico del cuerpo, lo que les brinda, dentro del torrente sanguíneo, una circulación más eficiente, menor toxicidad, capacidad de direccionamiento específico, y mayor acumulación de fármaco en sitios tumorales o de inflamación. (Liao et al., 2020)

Entre los materiales nanoestructurados propuestos para la formación de protocélulas destacan los materiales mesoporosos de sílice. Estos han demostrado ser plataformas altamente adecuadas y versátiles, gracias a su capacidad para albergar una variedad de moléculas en sus poros (que van de 2 a más de 20 nm en diámetro). Esta estructura proporciona una alta área superficial interna (>1000 m^2g^{-1}) (LaBauve et al., 2023); lo cual facilita una gran capacidad de carga y reactividad. Además, el método de síntesis de estos materiales permite controlar el tamaño, la forma y las propiedades de los mesoporos y su superficie, adaptándolos a diversas aplicaciones bioquímicas y biomédicas. (Butler et al., 2016)

Entre los materiales mesoporosos de sílice, la SBA-15 (Santa Barbara Amorphous-15, en Inglés) se presenta como candidata ideal para la creación de protocélulas con la finalidad de que puedan ser internalizadas por las células. Su morfología de bastoncillo facilita la internalización celular a través de diversos mecanismos, a diferencia de las partículas esféricas, que suelen limitarse a un solo mecanismo de entrada. Esta versatilidad se debe a la interacción multivalente de adhesión que promueve la SBA-15. (Mazumdar et al., 2021) Además, la posibilidad de ajustar su tamaño permite aprovechar la tendencia de muchas células a internalizar partículas de tamaños menores a 500 nm.(Murugan Yahya Choonara Pradeep Kumar Divya Bijukumar Lisa du Toit viness Pillay, 2015).

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo es sintetizar sílice mesoporosa SBA-15 con dimensiones de 350 nm x 500 nm o menores. Para lograrlo, se realizaron modificaciones en los parámetros de síntesis previamente trabajados por el grupo de investigación (Hernández-Morales et al., 2012; Moreno-Martell et al., 2018), tales como la concentración del catalizador ácido (Kang et al., 2009), agitación o estado estático durante la reacción del TEOS (Wang et al., 2016a), y la relación molar TEOS/Pluronic P123 (Zhuang et al., 2016). Estas variaciones nos permitieron ajustar las características estructurales del material, optimizando así su morfología y tamaño.

Materiales y métodos

Los materiales mesoporosos son usualmente sintetizados a través del uso de copolímeros de tribloque amfifilicos que sirven para dirigir la organización de especies polimerizantes de sílice, de manera que se obtienen mesoporos ordenados

hexagonalmente. Para el caso de SBA-15, se utiliza el surfactante no iónico P123 disuelto en medio acuoso ácido. Sobre esta plantilla de surfactante de micelas autoensambladas, se lleva a cabo la polimerización de Tetraetil ortosilicato. (Zhao et al., 1998)

2.1 Materiales

Los reactivos utilizados para esta síntesis son: Pluronic 123 y Tetraetil ortosilicato adquirido de Aldrich. Ácido Clorhídrico al 37.10 % de J.T.Baker. Agua Desionizada.

2.2 Síntesis de SBA-15

Se disolvió Pluronic P123 en 30 ml de agua y 120 ml de HCl en un vaso de precipitados. La mezcla se agitó a 35 ºC hasta la disolución del P123. Posteriormente, se agregó TEOS gota a gota. Una de estas muestras se dejó en agitación continua y otra en estado estático después de haberse agregado el TEOS, durante 24 horas a 35ºC. Después, las muestras se sometieron a maduración por 24 horas a 70 ºC en mufla. El precipitado resultante se lavó con agua desionizada y se dejó secar. Las muestras se calcinaron a 500 ºC por cinco horas. En la Tabla 1 se resumen las variables de síntesis empleadas para las dos muestras trabajadas, denominadas Muestra 1 y Muestra 2.

Tabla 1

Número de muestra	Concentración de ácido HCl [Molaridad]	Agitación durante la reacción	Relación molar TEOS/P123
1	4M	Sí	42.49
2	2M	No	58.68

Para este trabajo, se escogieron estos valores, sin pruebas de modificación de una sola variable a la vez, debido a que en (Kang et al., 2009), 4 M produce las partículas de mayor longitud, y 2 M es el límite para producir partículas de menor longitud; en (Wang et al., 2016a), la agitación incrementa las dimensiones de las partículas, mientras que la reacción estática reduce su tamaño, y en (Zhuang et al., 2016), la relación molar TEOS/Pluronic P123 de 58.68 produce la SBA-15 de menor longitud, comparándola con la relación 42.49 utilizadas en (Hernández-Morales et al., 2012; Moreno-Martell et al., 2018).

2.3 Técnicas de Caracterización

Para conocer el tamaño promedio de las partículas obtenidas de las síntesis realizadas, y comprobar el efecto de las variables trabajadas sobre las dimensiones de la SBA-15, se recurre a una técnica de Dispersión dinámica de luz (DLS por sus siglas en inglés “Dynamic Light Scattering”), la cual permite obtener de manera rápida una distribución de tamaño de partículas aproximada.
Para observar la morfología de bastoncillo de la SBA-15, y determinar si esta partícula se tuerce o se aglomera, se utiliza la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido, la cual permite obtener imágenes detalladas de su topografía y composición.

2.3.1 Distribución de tamaño por dispersión dinámica de luz

Esta técnica se basa en la medición del movimiento de partículas en suspensión debido a su movimiento browniano, que es el movimiento aleatorio que experimentan las partículas cuando están suspendidas en un fluido. La muestra es iluminada por un láser y la luz dispersada por las partículas se detecta en un ángulo específico. El ángulo detectado al que se dispersa este haz proporciona información del tamaño de partícula. (Austin et al., 2020) Esta técnica requiere soluciones acuosas de concentración 0.005 porcentaje en peso; parámetro de índice de refracción n=1.54 del óxido de silicio, y constante dieléctrica del agua de 80.1 [25]. El instrumento utilizado fue un Zetasizer Ultra, de la marca Malvern Panalytical, con el método Multi-Angle Dynamic Light Scattering (MADLS).

2.3.2 Microscopía electrónica de barrido

Esta técnica utiliza un haz de electrones para escanear la superficie de una muestra y obtener imágenes detalladas de su topografía y composición. La morfología de las muestras se analizó mediante un microscopio electrónico de barrido modelo

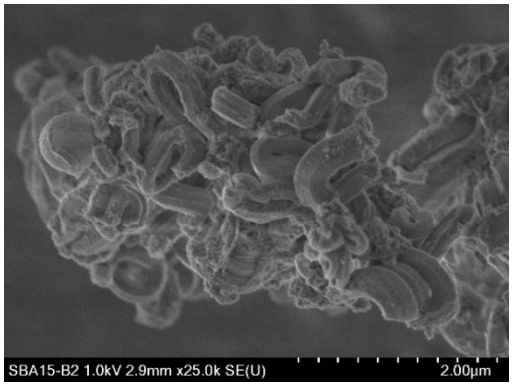


Fig. 1. Partículas de SBA-15 correspondientes a la Muestra 1.

SU8230 de la marca Hitachi a 1.0 kV. La muestra fue soportada en una cinta de cobre conductora.

3. Resultados

3.1 Morfología

El análisis de la morfología y la topología de los productos de la síntesis para obtener la SBA-15 en diferentes tallas fue realizado utilizando la microscopía electrónica de barrido y se discute a continuación. En la Fig.1 se observa a la muestra 1 de la SBA-15, la cual consiste en partículas en forma de bastoncillos torcidos y aglomerados. Individualmente, estas partículas presentan longitud máxima, considerara desde los extremos opuestos más alejados de 921 nm, y un ancho entre 245 y 156 nm, como se puede analizar de la Muestra 1, Fig. 2. Para la Muestra 2, la cual se muestra en la Fig. 3, se observa una perspectiva transversal que permite discernir una partícula de menor tamaño, y su estructura porosa tubular de forma hexagonal y de menor talla con respecto a la Muestra 1.

3.2 Distribución de tamaño

En la Fig. 4 se presentan las distribuciones de tamaños de ambas muestras. La Muestra 1 presenta un tamaño promedio de partícula de 808 nm. La Muestra 2 presenta en promedio 568 nm. El ancho de las bandas presentadas en la distribución del tamaño indica que en la muestra uno hay más variedad como se observa en la micrografía de la Fig.1.

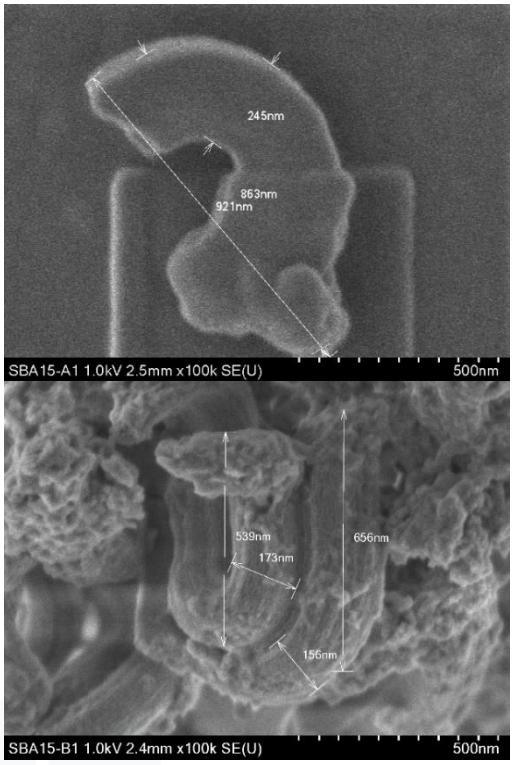


Fig. 2. Medición de partículas de SBA-15 de la Muestra 1.

Mientras que la muestra 2 hay una distribución más homogénea en los tamaños de las partículas, lo cual indica que ese procedimiento es más adecuado a lo que se persigue en este trabajo.
A continuación, se discute la influencia de los parámetros variados en las muestras.

3.3 Área superficial y volumen de poro

El grupo de trabajo analizó propiedades estructurales (áreas superficiales, diámetro promedio de poro y volumen de poro) de SBA-15 en (Moreno-Martell et al., 2018; Palos-Barba et al., 2024). Debido a que el método de síntesis empleado aquí se basa en aquellos utilizados en estas dos investigaciones, se asegura que las partículas obtenidas presentan altas áreas superficiales, diámetros de poro en el rango mesoporoso, y alto volumen de poro. Lo anterior también se fundamenta en la similitud morfológica observada en las micrografías con aquellas de los trabajos mencionados.

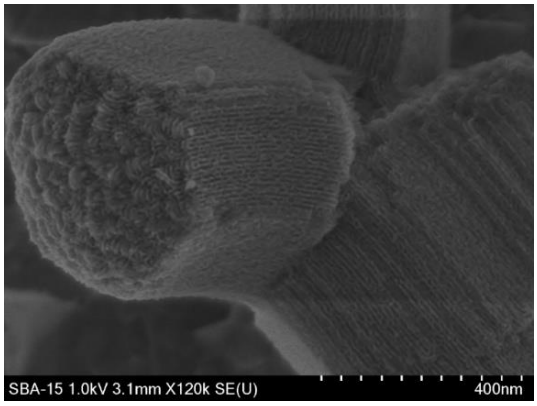


Fig. 3. Partículas de SBA-15 correspondientes a la Muestra 2.

4. Discusión

4. 1 Influencia del pH

En (Kang et al., 2009) se argumenta que la morfología de los materiales mesoporosos está influenciada por la competición entre la energía libre de auto-ensamble de la mesoestructura y la energía libre superficial del coloide, así como una fuerza cortante (interpretada como la agitación). La dependencia del cambio en el tamaño de partícula con respecto al HCl se puede atribuir a la función catalítica del ácido para el TEOS, es decir, la velocidad de hidrólisis es comparativamente mayor que la velocidad de condensación.

De acuerdo con el mecanismo de separación de fase coloidal propuesto en (Yu et al., 2004), la separación de fase (cuando se observa el primer precipitado en solución) ocurre más pronta con un periodo corto de inducción

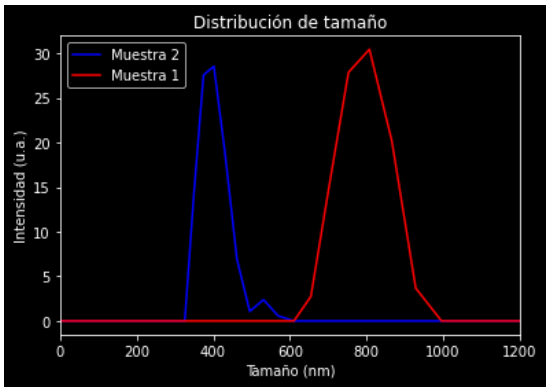


Fig. 4. Distribución de tamaño de partícula.

(intervalo de tiempo desde la adición del TEOS hasta la separación de fase) bajo concentraciones altas de acidez, lo que favorece la morfología de bastoncillos cortos. La disminución de acidez (<1.5 M) incrementa el tiempo de inducción, lo que resulta en morfologías con curvatura pronunciada. Sin embargo, estos mismos autores reportan resultados insatisfactorios a concentraciones de acidez más altas: a 4.0 M, las partículas se deforman al aumentar su longitud y espesor; a 5.0 M las partículas se deforma hasta convertirse en esferas, efecto similar a lo observado a una concentración de 4.0 M.

4.2 Efecto de la agitación

En (Wang et al., 2016b) se explica que, de acuerdo con el modelo de ensamble de bastoncillos de sílice, el compósito orgánico-inorgánico se forma alrededor de los bastoncillos micelares después de la adición de TEOS. Los compósitos en forma de bastoncillo aislados se agregan para formar la SBA-15, resultado del auto ensamblado y de las colisiones provocadas por la agitación. Una velocidad de agitación mayor provee una fuerza de colisión mayor, lo que conlleva al ensamblado de más bastoncillos.

Relacionado a este concepto, en (Kosuge et al., 2004) se concluye que si durante el periodo de reacción, después de agregar TEOS a la solución ácida de copolímero surfactante, se deja estática, se obtienen estructuras discretas en forma de bastoncillos (rod-like); por otra parte, cuando la reacción se lleva a cabo con agitación constante durante el periodo de reacción, se obtiene una sílice en forma de fibras, resultado de aglomerados de bastoncillos. Lo anterior coincide con el argumento hecho previamente de que la agitación contribuye a originar un mayor número de colisiones durante todo el periodo de reacción, promoviendo la aglomeración de las partículas.

4.3 Efecto de la Relación molar TEOS/Pluronic P123

En (Zhang et al., 2006) se exploran variaciones de relaciones molares entre TEOS y Pluronic P123 (TEOS/P123). En breve, los autores reportan una

fuerte influencia en tamaño y morfología de las partículas obtenidas: TEOS/P123=48 generan ramos de fibras alineadas de 50 -75 nm; TEOS/P123=60 produce columnas uniformes mesoporosas con su arreglo de poros bien definidos; TEOS/P123=77 resulta en grandes cantidades de rebanadas de forma hexagonal, de dimensión en el plano (100) de una micra; TEOS/P123=110 genera grandes cantidades de películas. Los autores explican que el incremento de la relación molar TEOS/P123 promueve oligómeros de silicato más grandes que se adhieren a los cepillos de óxido de etileno de las micelas de P123, incrementando la carga superficial y repulsión entre éstas, disminuyendo la longitud de los bastoncillos resultantes.

La relación molar empleada en la Muestra 2, de 58.68, que se apega más a la relación TEOS/P123=60, produce partículas más uniformes y menos torcidas (Fig. 3), así como de menor tamaño (como se aprecia en la distribución de tamaño estrecha en la Fig. 4).

Conclusiones

La modificación de los parámetros de concentración de ácido, agitación durante la reacción, y la relación molar TEOS/Pluronic P123 generan dos partículas de SBA-15 de longitudes y morfologías diferentes, lográndose una reducción considerable de tamaño, con base en las mediciones de tamaño de dispersión de luz dinámica, de 808 nm a 560 nm, así como reducción en la torción y aglomeración de los bastoncillos, al comparar las micrografías de la Muestra 1 y la Muestra 2. Los dos extremos de condiciones utilizados en esta investigación proporcionan un panorama de trabajo futuro en el que se puede explorar, mediante el desarrollo de un diseño de experimentos más amplio, cuáles valores dentro de estos rangos generarán partículas menores a 500 nm en longitud y de menor aglomeración.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) a través del proyecto 53395, y por la beca otorgada para estudios de maestría; a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, a través del proyecto IT200421; al laboratorio Nacional de caracterización de materiales del C.F.A.T.A (UNAM), por la realizar los análisis de espectroscopia de SEM.

Referencias

Austin, J., Minelli, C., Hamilton, D., Wywijas, M., & Jones, H. J. (2020). Nanoparticle number concentration measurements by multi-angle dynamic light scattering. *Journal of Nanoparticle Research*, *22*(5). https://doi.org/10.1007/s11051-020-04840-8

Butler, K. S., Durfee, P. N., Theron, C., Ashley, C. E., Carnes, E. C., & Brinker, C. J. (2016). Protocells: Modular Mesoporous Silica Nanoparticle-Supported Lipid Bilayers for Drug Delivery. *Small*, *12*(16), 2173–2185. https://doi.org/10.1002/smll.201502119

Gareev, K. G., Grouzdev, D. S., Koziaeva, V. V., Sitkov, N. O., Gao, H., Zimina, T. M., & Shevtsov, M. (2022). Biomimetic Nanomaterials: Diversity, Technology, and Biomedical Applications. In *Nanomaterials* (Vol. 12, Issue 14). MDPI. https://doi.org/10.3390/nano12142485

Hernández-Morales, V., Nava, R., Acosta-Silva, Y. J., Macías-Sánchez, S. A., Pérez-Bueno, J. J., & Pawelec, B. (2012). Adsorption of lead (II) on SBA-15 mesoporous molecular sieve functionalized with -NH2 groups. *Microporous and Mesoporous Materials*, *160*, 133–142. https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2012.05.004

Kang, S., Chae, Y. B., & Yu, J. S. (2009). HCl as a key parameter in size-tunable synthesis of sba-15 silica with rodlike morphology. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *9*(1), 527–532. https://doi.org/10.1166/jnn.2009.J024

Kosuge, K., Sato, T., Kikukawa, N., & Takemori, M. (2004). Morphological Control of Rod- and Fiberlike SBA-15 Type Mesoporous Silica Using Water-Soluble

Sodium Silicate. *Chemistry of Materials*, *16*(5), 899–905. https://doi.org/10.1021/cm030622u

LaBauve, A. E., Saada, E. A., Jones, I. K. A., Mosesso, R., Noureddine, A., Techel, J., Gomez, A., Collette, N., Sherman, M. B., Serda, R. E., Butler, K. S., Brinker, C. J., Schoeniger, J. S., Sasaki, D., & Negrete, O. A. (2023). Lipid-coated mesoporous silica nanoparticles for anti-viral applications via delivery of CRISPR-Cas9 ribonucleoproteins. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-33092-4

Liao, Y., Zhang, Y., Blum, N. T., Lin, J., & Huang, P. (2020). Biomimetic hybrid membrane-based nanoplatforms: Synthesis, properties and biomedical applications. In *Nanoscale Horizons* (Vol. 5, Issue 9, pp. 1293–1302). Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/d0nh00267d

Mazumdar, S., Chitkara, D., & Mittal, A. (2021). Exploration and insights into the cellular internalization and intracellular fate of amphiphilic polymeric nanocarriers. In *Acta Pharmaceutica Sinica B* (Vol. 11, Issue 4, pp. 903–924). Chinese Academy of Medical Sciences. https://doi.org/10.1016/j.apsb.2021.02.019

Moreno-Martell, A., Pawelec, B., Nava, R., Mota, N., Escamilla-Perea, L., Navarro, R. M., & Fierro, J. L. G. (2018). CO oxidation at 20 °C on Au catalysts supported on mesoporous silica: Effects of support structural properties and modifiers. *Materials*, *11*(6). https://doi.org/10.3390/ma11060948

Murugan Yahya Choonara Pradeep Kumar Divya Bijukumar Lisa du Toit viness Pillay, K. C. (2015). Parameters and characteristics governing cellular internalization and trans-barrier trafficking of nanostructures. *International Journal of Nanomedicine Dovepress*, *10*, 2191–2206. https://doi.org/10.2147/IJN.S75615

Palos-Barba, V., Mendoza, R. N., Millán-Malo, B. M., Aguilar-Franco, M., Peza-Ledesma, C., & Rivera-Muñoz, E. M. (2024). SBA-15 with short-sized channels modified with Fe2O3 nanoparticles. A novel approximation of an efficient adsorbent for As removal in contaminated water. *Journal of Porous Materials*, *31*(4), 1387–1400. https://doi.org/10.1007/s10934-024-01589-6

Sushnitha, M., Evangelopoulos, M., Tasciotti, E., & Taraballi, F. (2020). Cell Membrane-Based Biomimetic Nanoparticles and the Immune System: Immunomodulatory Interactions to Therapeutic Applications. In *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00627

Wang, Q., Wang, Z., Zheng, T., Zhou, X., Chen, W., Ma, D., Yang, Y., & Huang, S. (2016a). Size control of SBA-15 by tuning the stirring speed for the formation of CMK-3 with distinct adsorption performance. *Nano Research*, *9*(8), 2294–2302. https://doi.org/10.1007/s12274-016-1116-8

Wang, Q., Wang, Z., Zheng, T., Zhou, X., Chen, W., Ma, D., Yang, Y., & Huang, S. (2016b). Size control of SBA-15 by tuning the stirring speed for the formation of CMK-3 with distinct adsorption performance. *Nano Research*, *9*(8), 2294–2302. https://doi.org/10.1007/s12274-016-1116-8

Yoo, J. W., Irvine, D. J., Discher, D. E., & Mitragotri, S. (2011). Bio-inspired, bioengineered and biomimetic drug delivery carriers. In *Nature Reviews Drug Discovery* (Vol. 10, Issue 7, pp. 521–535). https://doi.org/10.1038/nrd3499

Yu, C., Fan, J., Tian, B., & Zhao, D. (2004). Morphology Development of Mesoporous Materials: A Colloidal Phase Separation Mechanism. *Chemistry of Materials*, *16*(5), 889–898. https://doi.org/10.1021/cm035011g

Zhang, H., Sun, J., Ma, D., Weinberg, G., Su, D. S., & Bao, X. (2006). Engineered complex emulsion system: Toward modulating the pore length and morphological architecture of mesoporous silicas. *Journal of Physical Chemistry B*, *110*(51), 25908–25915. https://doi.org/10.1021/jp065760w

Zhao, D., Feng, J., Huo, Q., Melosh, N., Fredrickson, G. H., Chmelka, B. F., & Stucky, G. D. (1998). Triblock

Copolymer Syntheses of Mesoporous Silica with Periodic 50 to 300 Angstrom Pores. *Science*, *279*(5350), 548–552. https://doi.org/10.1126/science.279.5350.548

Zhuang, K., Yin, G., Pu, X., Chen, X., Liao, X., Huang, Z., & Yao, Y. (2016). Growth process and morphology control of SBA-15 particles: Synergistic effects of tetraethoxysilane and Pluronic-123 concentrations. *MRS Communications*, *6*(4), 449–454. https://doi.org/10.1557/mrc.2016.56

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y POSGRADO

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

MEMORIA
NOVIEMBRE 2024

12° ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES E INVESTIGADORAS

UAQ | CRECER EN LA DIVERSIDAD

INDICE

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

La identidad in-vestida.	**Basurto Bravo Ana Sofia, Rovelo Escoto Nubia Carolina.**
Productores agrícolas de rosas en Qro, México: Contexto de asociatividad.	Julián Alfaro Reynoso, José F. Vasco-Leal.
Aproximación a las anécdotas neomexas: fenómeno pandémico digital.	María Gisela Zavala Luna, Claudia L. Gutiérrez Piña.
Mujeres emprendedoras, vida privada y participación laboral.	María Fernanda Torres García, Beatriz Rosas Rodríguez, Enrique Leonardo Kato Vidal.
Elecciones 2024: Voto de las personas en prisión preventiva.	Esmeralda González Pérez, Dafne Ximena Hernández Ruiz, Leonardo Senén Cabello Álvarez.
Violencia en México: Análisis con un Índice Estatal.	Amanda López Hernández, Fernanda Daniela Garcia Zenil, Nadyra Rodríguez Arias.
Impacto de la formación internacional en ingenieros de software.	Alejandra María Cruz Flores, Mauricio Arturo Ibarra Corona, Diego Octavio Ibarra Corona, Martín Muñoz Mandujano, José Alejandro Vargas Díaz, Jair Abisai Ramírez Pérez.
Perspectivas del consumo eléctrico y desafíos en la economía queretana.	Aliena Soledad Martínes Domínguez, Enrique Leonardo Kato Vidal, Alejandra Elizabeth Urbiola Solís.
Narrativas de violencia de género: feminicidios en la prensa en Querétaro.	Mariana Cruz Reséndiz, Erick Cruz Mendoza.
La voz de la Discapacidad. Programa Audiovisual Inclusivo.	Daniel Hernández Aguilar, Rosario Barba González.
Análisis del derecho a la libre interrupción del embarazo en el estado de Querétaro.	Delgado Gutiérrez Juana Azucena, Karla Elia Mosqueira Valencia, Aguillón Robles Karla Paola, García Pérez María, Santos Cruz Marily, Zempoalteca González Guillermo.
Préstamos léxicos de estudiantes universitarios de la UAQ.	Mariana Patricia Cornejo Vázquez y Brenda Vargas Vega.
La protección constitucional de la familia en México.	Karla Elia Mosqueira, Anayicel Valenzuela Barboza, Miguel Ángel Hernández Gómez.
La enseñanza de recursos lingüísticos del español en aulas multigrado.	Oscar Osvaldo Servín Calvillo, Blanca Araceli Rodríguez Hernández.

Prevención del delito mediante la actividad física y el deporte.	Paola Navarrete Flores, Leonardo Senén Cabello Álvarez.
Diseño de estrategia de contenidos en Facebook para la clínica universitaria ENSAIN.	Emily Martínez Ponce, Rosa Alejandra Morales Velasco.
Actividad eléctrica cerebral en el procesamiento de locuciones verbales.	Jessica Fernanda Ayala Mosqueda, Gloria Nélida Avecilla Ramírez, Karina Hess Zimmermann.
Competencias digitales en universitarios de tres perfiles sociodemográficos distintos.	María Antonieta Mendoza-Flores, Miriam Herrera-Aguilar.
Impacto de la inclusión financiera en el empleo en Latinoamérica.	Gema Jazmín Rubio Ugalde, Graciela Lara Gómez.
Sistemas de apoyo educativo para estudiantes con discapacidad auditiva.	Héctor Dorantes Delgado, Anahí Isabel Arellano Vega, María Leticia Villaseñor Zúñiga.
Exclusividad laboral: precarización de las mujeres periodistas de Querétaro.	Luis Enrique Santamaría Luna, Oliva Solís Hernández.
Contaminación por residuos sólidos urbanos y derechos humanos en Chilpancingo de los Bravo, Guerrero.	Cinthia Ramírez Izazaga, Karla Elia Mosqueira Valencia, Miguel Ángel Hernández Gómez.

La identidad *in*-vestida.

Basurto Bravo Ana Sofia,
Universidad Autónoma de Querétaro.
sofi.basurto26@gmail.com

Asesora: Dra. Rovelo Escoto Nubia Carolina,
Universidad Autónoma de Querétaro.
nubia.rovelo@uaq.mx

Resumen.

La presente investigación tiene como objetivo explorar la relación entre la vestimenta y la construcción de la identidad en mujeres que atraviesan la adolescencia tardía. Se utilizó una metodología cualitativa y etnográfica, que incluyó entrevistas a doce mujeres que radican en la ciudad de Querétaro, de entre 18 y 25 años.

Los resultados muestran que la mayoría de las participantes reconocen que comunican su identidad y estado de ánimo a través de su vestimenta, lo que sugiere que sus experiencias, huellas y significantes influyen notablemente en su forma de vestir, fungiendo como una investidura de su identidad. Esta dinámica se refleja en la manera en que son percibidas por los y las demás, haciéndose presente la cognición atávica. Las entrevistadas reportaron que, al elegir su ropa, buscan proyectar una imagen que las represente e identifique, a pesar de las presiones sociales y culturales que enfrentan.

A través del análisis de las narrativas personales de las participantes, se concluye que la vestimenta no es sólo un recurso estético, sino una herramienta que refleja la interacción entre lo individual y lo colectivo. Las decisiones de vestimenta se transforman en actos performativos que además de reflejar la identidad, facilita la identificación, la subversión y proporciona un sentido de pertenencia mediante la cognición atávica.

Palabras clave: Identidad, Performatividad, Identificación, Percepción del yo, Vestir, Cognición Atávica, Psicoanálisis.

Abstract. The aim of this research was to explore the relationship between clothing and the construction of identity in women undergoing late adolescence. A qualitative and ethnographic methodology was used, which included interviews with twelve women living in Querétaro city, aged between 18 and 25 years.

The results show that ten out of twelve women acknowledge that they communicate who they are and their mood through their clothing. This suggests that their experiences and signifiers hugely influence the way they dress, serving as an investment in their identity. This dynamic is portrayed through enclothed cognition, referring to how others perceive them. Interviewees reported that, when choosing their clothes, they seek to project an image that represents and identifies them, despite social and cultural pressures.

Through the analysis of the participants' personal narratives, it is concluded that clothing is not merely an aesthetic resource but a tool that reflects the interaction between the individual and the collective. Clothing decisions transform into performances that, in addition to portraying identity, help with identification, subversion and provide a sense of belonging, all through enclothed cognition.

Keywords: Identity, Performance, Identifying, Self-Perception, Dressing, Enclothed Cognition, Psychoanalysis.

Introducción.

La identidad es un constructo complejo y cambiante que se manifiesta de distintas formas en la experiencia de vida de cada ser humano. Uno de los medios más significativos de expresión y construcción de la identidad es la vestimenta, que no solamente cumple con las funciones de protección y funcionalidad, sino que trasciende hasta convertirse en una forma de comunicación, de identificación, de socialización y en una muestra de quién se es. La ropa que se elige cotidianamente no solamente muestra el nivel socio económico de quien la porta, sino que refleja sus creencias religiosas o espirituales, su cultura y costumbres, las aspiraciones, valores, estado de ánimo y afiliaciones propias, que son percibidas e

interpretadas y dotadas de significado por las demás personas

La adolescencia tardía, que va de los 18 a 25 años, es un periodo de intensa exploración y cambio, en el que las personas renegocian su identidad en distintos ámbitos, como sus relaciones familiares, sus amistades, su percepción del yo y el rol que tienen en la sociedad (SATE Adolescent Health Resource Center, 2023).

Desde la perspectiva psicoanalítica de Lacan (1953), se puede asumir que la vestimenta se convierte en una experiencia en la cual lo imaginario y lo simbólico se unen para influir en el proceso de la identificación y deseo a través de la mirada del otro. Durante la adolescencia, los y las jóvenes experimentan con su vestimenta como una forma de explorar y comunicar su identidad, lo que les permite diferenciarse de sus figuras parentales y establecer su independencia (Kaiser, 1997).

El enfoque psicoanalítico es crucial, especialmente para estudiar el fenómeno de la adolescencia como un periodo caracterizado por la vulnerabilidad y la necesidad de reconocimiento social, a través de la mirada del otro (Ramos y Robles, 2018). Además, es importante considerar que la vestimenta de cada persona cambia dependiendo de dónde se desenvuelve. Es decir, los dos factores que se juegan al momento del vestir de cada persona son: dónde está, y qué quiere proyectar en ese escenario en específico en el que se encuentra.

A pesar de la relevancia que tiene la vestimenta como herramienta del sujeto para su expresión creativa del vestir, existe una escasez de estudios que aborden su relación con los procesos psíquicos y la identificación del individuo. Investigaciones previas han estudiado a la moda desde distintas disciplinas, pero hay pocos estudios que exploren la conexión entre la vestimenta y el sujeto que porta las prendas.

Nuestro interés en indagar sobre la relación de los fenómenos de la expresión de la identidad con la vestimenta, la que detona las siguientes interrogantes: ¿Cómo se manifiesta la identidad de las mujeres jóvenes queretanas a través de su expresión creativa en el vestir? Y más aún, ¿qué efectos psíquicos perciben que les aportan las prendas que utilizan?

Identidad.

Abordar el tema de la vestimenta siempre alude al acto de vestirse desde una perspectiva íntima, y por otro a la moda desde lo social. Al abordar la vestimenta como una herramienta para la performatividad de la identidad, se realiza un enlace entre distintas disciplinas. La presente investigación se cimienta sobre el psicoanálisis freudiano, el psicoanálisis lacaniano, la psicología del desarrollo, el psicoanálisis eriksoniano, la sociología, la antropología, la historia, el diseño de moda y la filosofía materialista y posestructuralista.

En conjunto, la moda, la vestimenta, la imagen personal, el estilo, la identidad, la identificación, la imagen del cuerpo y la performatividad se entrelazan en un proceso dinámico en el cual se construye y se expresa quién se es. A través de las elecciones de moda y estilo, se moldea la identidad y se conecta con el mundo.

Freud (1921) y Lacan (2009 [1936]) conciben la identificación como un mecanismo fundamenta en la conformación del *Yo* y del sujeto. Erikson (1971) sostiene que la identidad comienza cuando la identificación pierde su utilidad y se integra en el cuerpo y el entorno. Butler (1990), por su parte, argumenta que la identidad es performativa, creada a través de actos y gestos sociales. Freud (1929) destaca que la cultura, incluyendo la vestimenta, regula las relaciones humanas, y que el *superyó* actúa como mediador entre los deseos inconscientes del ello y las normas sociales, facilitando la socialización a través de la vestimenta, que se convierte en un significante cultural.

En psicología, la identidad se entiende como "el sentido del propio ser continuo a lo largo del tiempo" (Galimberti, 2020, p. 580), moldeado por la interacción con el Otro y las huellas mnémicas. Por tanto, la identidad es un proceso dinámico, que implica la constante negociación entre los deseos individuales y las expectativas sociales.

Identificación.

La identificación, según Lacan (2009 [1936]), está vinculada a la imagen y su poder simbólico a través del lenguaje. En el Estadio del Espejo, el sujeto se identifica con una imagen idealizada, lo que genera tanto goce como alienación. Esta tensión entre la imagen y la falta impulsa la búsqueda constante de nuevas identificaciones (Nasio, 1996).

El *objeto a*, concepto central en Lacan, representa el núcleo del goce que no puede ser simbolizado y que motiva al sujeto a seguir buscando su identidad. La vestimenta, en este proceso, funciona como un medio de proyección y máscara (Flügel, 2015), donde el sujeto busca satisfacer esta falta mediante la identificación con imágenes idealizadas.

El vestir.

El vestir ha pasado de ser una simple indumentaria en civilizaciones antiguas, como Egipto, Grecia y Roma, donde unicamwnte se utilizaba para cubrir el cuerpo con telas según la jerarquía social, a convertirse en un fenómeno asociado a la moda en la sociedad occidental del siglo XIV (Riello, 2016). En esta época, la moda comenzó a definirse a través de la diferenciación en la confección y el diseño de prendas, impulsada por las cortes reales y la industrialización (Hawes, 1938).

La moda, a diferencia de la indumentaria, además de cumplir la función práctica de cubrir el cuerpo, también comunica un mensaje de identidad. Según Valerie Steele (Fogg, 2017), la moda es tanto un objeto como una imagen que transmite quién se es o quién se desea ser. En este sentido, el vestir se convierte en un proceso de individuación y socialización, en el que el cuerpo es el portador de una prenda que expresa gustos y características personales dentro de un contexto cultural.

El momento en que la indumentaria se transforma en moda es cuando se le otorga un significado más allá de su función básica, proyectando cualidades únicas del sujeto y diferenciándolo de los demás (Riello, 2016). La vestimenta funciona así como un medio de comunicación no verbal, que responde a una necesidad de aceptación social y una identificación proyectiva, al transmitir un mensaje que impacta en la percepción de quienes lo observan (Bancroft, 2012).

Performatividad.

Cada persona piensa, actúa y se desenvuelve en su entorno de manera única. Esta diferenciación está hecha a partir de aquello que se ha vivido, de aquello a lo que se aspira y aquello que se quiere ser, consciente o inconscientemente. Y es cuando la idealización de ciertos constructos de la realidad se torna en un efecto de una significación corporal.

Eso es lo que Butler (1990) denominó *performatividad*. Puesto que todo sujeto está determinado por el lenguaje, automáticamente se está dentro de la cultura y no hay identidad previa a la construcción cultural. Sin embargo, ella considera que la repetición y la diferencia en la repetición son herramientas que facilitan la individualización. Entonces al no haber identidad previa a la construcción cultural, el sujeto no expresa su identidad, sino que la actúa tanto en su cotidianidad como en ocasiones especiales.

Además, es importante considerar que la vestimenta de cada persona varía en función del entorno en el que se encuentre. En otras palabras, los dos elementos cruciales al momento de elegir cómo vestirse son el lugar donde se desenvuelve y la imagen que desea proyectar en ese contexto específico.

Cognición atávica.

La *enclothed cognition* (cognición atávica), es un factor que engloba tanto la performatividad, como la vestimenta, la identificación y la imagen del cuerpo. Hace referencia a la influencia que tienen las prendas que se portan en la cognición, comportamiento y percepción de una persona, al activar asociaciones y simbolismos específicos (Adam y Galinsky, 2012). Es decir, la imagen que se proyecta está influida por la elección de prendas que porta el sujeto, lo que incide en la percepción que tiene el sujeto de sí mismo, en lo que perciben las demás personas y en el espacio en el que habita. Dicha percepción, tanto propia como ajena, deriva en determinados patrones comportamentales y relacionales. Es por esto por lo que se destaca que la vestimenta tiene un impacto de

trascendencia psicosocial en las experiencias cotidianas del sujeto.

Según Roland Barthes (1959), "habría que aprender a descifrar las acumulaciones de significantes: en la mayor parte de los vestidos hay una redundancia de mensajes" (p.251). Si la moda es un signo, siempre comunica. Los distintos elementos de la indumentaria están cargados de significado y caracterizados por un valor simbólico, y es precisamente la cognición atávica el factor que explica este fenómeno. Flügel (2015) establece que, por ejemplo, los uniformes militares indican rango y posición que ostenta aquel que lo porta. "Ciertos ornamentos o colores especiales (por ejemplo, la corona, el cetro, el manto real), siempre han sido prerrogativas de la realeza o de otras altas dignidades militares, civiles o religiosas" (p.22).

Metodología.

Para este trabajo se usó una metodología cualitativa, hermenéutica y etnográfica. El acercamiento a campo se realizó en dos pasos: el primero fue una invitación a participar en la investigación por medio de mensajes de WhatsApp y la publicación de la convocatoria en redes sociales; La segunda etapa consistió en la realización de entrevistas a profundidad semiestructuradas de las doce participantes que cumplían con los criterios de inclusión como eran radicar en Querétaro, tener entre 18 y 25 años.

El diseño de las preguntas para las entrevistas permite analizar los siguientes indicadores:

- La identidad
- La identificación
- El vestir
- El estilo
- La performatividad
- La cognición atávica.

Los resultados obtenidos permiten explorar las experiencias narradas por las participantes, y también interpretarlas a la luz de marcos teóricos como los aportes del psicoanálisis, propuestos por Freud y Lacan.

Resultados.

El análisis de los resultados en la Tabla 1. muestra algunas características sociodemográficas de las entrevistadas, respetando el principio de confidencialidad descritos en la Declaración de Helsinki (Manzani, 2000) y en el artículo 16 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación (2004).

Tabla 1. Características Sociodemográficas de las Participantes.

Participante	Edad	Estado civil	Con quién vive.	Profesión	Nivel socio-económico
P01-Q22	22	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio
P02-Q23	23	Soltera	Compañera	Estudiante	Medio
P03-Q25	25	Soltera	Madre	Psicóloga	Medio
P04-Q21	21	Soltera	Compañera	Estudiante	Medio
P05-Q22	22	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio
P06-Q24	24	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio
P07-Q25	25	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio
P08-Q25	25	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio
P09-Q23	23	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio
P10-Q22	22	Soltera	Familia	Diseñadora Gráfica	Medio-alto
P11-Q18	18	Soltera	Familia	Estudiante	Medio
P12-Q21	21	Soltera	Familia	Psicóloga	Medio-bajo

Asimismo, por medio de las respuestas a las preguntas de las entrevistas se abordaron hallazgos sobre la comprensión de la identidad femenina contemporánea, especialmente en un entorno cultural en transformación. Esto dio paso a cuatro diferentes vías de análisis:

- Influencia de las experiencias de socialización en la proyección de la identidad.
- La función del vestir como una herramienta de expresión personal.
- La vestimenta como herramienta de la performatividad.
- El estilo y la percepción del yo.

Discusión.

Los resultados obtenidos confirman que las elecciones de vestimenta además de ser una forma de expresión individual, son también un reflejo de las influencias del *Otro* y del entorno sociocultural en el que se desarrollan. Las participantes destacaron la influencia de sus madres y de las redes sociales en sus decisiones de vestimenta, lo que coincide con los postulados de autores como Lacan (1936), Ramos y Robles (2018), quienes resaltan el papel del *Otro* en la construcción de la identidad.

Como primer punto, se aborda que las experiencias de socialización son clave en la formación de la identidad. Todas las entrevistadas indicaron que durante su infancia era su madre quien elegía su vestimenta, lo que sugiere que el estilo de vestir de sus madres influyó significativamente en su forma de vestir actual. Como señalan Ramos y Robles (2018), la moda refleja el deseo de ser reconocido por el *Otro*. Las entrevistadas también destacaron cómo las expectativas familiares y sociales influyen en su estilo, especialmente en el ámbito laboral, lo que refuerza la idea de que la vestimenta es una extensión de la imagen proyectada.

Algunas participantes señalaron que adaptan su vestimenta según el contexto social. Por ejemplo, una entrevistada explicó que su estilo cambia cuando visita a su familia rural en comparación con cuando está con amigas en la ciudad. Esto coincide con la teoría de Lacan (1936) sobre la influencia del *Otro* en la construcción de la identidad, mostrando que, con el tiempo, las mujeres renegocian estas influencias para lograr mayor individualización.

Las redes sociales también juegan un papel significativo en este proceso de socialización. Nueve participantes mencionaron que plataformas como Instagram y TikTok influyen en su relación con la moda, ofreciendo inspiración, pero también creando presión para cumplir con estándares corporales y estéticos promovidos por influencers y celebridades. Esto puede generar frustración e impactar negativamente en la autoestima de las mujeres jóvenes cuando no se logra alanzar esos estándares.

Aunque las redes sociales facilitan la autoexpresión, también presentan desafíos en la construcción de una identidad auténtica, ya que las usuarias pueden sentirse atrapadas entre la autoexploración y la presión social. Este fenómeno sugiere que la influencia del *Otro* en la era digital va más allá de la interacción física, y aunque puede enriquecer la experiencia de la moda, también complica el desarrollo de una identidad autónoma.

Como segundo punto, es importante destacar que la vestimenta es tanto una elección estética como una herramienta performativa que permite a las mujeres jóvenes expresar su identidad, tal como propone Butler (1990) en relación con la performatividad. Las entrevistadas destacaron el estilo personal como un medio de autoexpresión y diferenciación. Seis de ellas mencionaron estar en una "crisis de estilo" debido a cambios laborales, físicos o por la independencia reciente. Esta confusión identitaria es común en la adolescencia tardía, un periodo de separación de la influencia materna y de redefinición personal. Además, la mayoría afirmó que su vestimenta refleja quiénes son o en quiénes se están convirtiendo.

En respuesta al tercer punto, vale la pena hacer notar que las decisiones de vestimenta de las participantes reflejan la performatividad de su identidad, siguiendo la teoría de la cognición atávica de Adam y Galinsky (2012), donde vestirse proyecta una imagen hacia los demás, y al mismo tiempo refuerza sus cualidades internas. Las entrevistadas expresaron que su confianza y bienestar aumentan al usar prendas que consideran que representan su estilo. Además, muchas utilizan su vestimenta para generar confianza en contextos profesionales o para protestar contra expectativas sociales, mostrando que su ropa puede seguir las normas impuestas, y al mismo tiempo desafiarlas y resignificarlas, contribuyendo a su autodefinición.

Por último, los hallazgos indican que la vestimenta funciona como una extensión del yo, proyectando aspiraciones más que realidades. Las participantes mencionaron que la ropa influye en su autopercepción, mejorando su confianza y estado de ánimo. La mayoría considera que su estilo comunica efectivamente quiénes son, aunque siete de ellas

ajustan su vestimenta por temor al juicio social en Querétaro, donde la apariencia es muy valorada. Estas elecciones reflejan cómo las normas sociales influyen en su identidad y seguridad. La vestimenta, entonces, es un medio de expresión personal, a la vez que una negociación constante entre el yo y las expectativas culturales.

Conclusiones.

Esta investigación ha puesto de manifiesto el papel crucial de la vestimenta en la construcción de la identidad de las mujeres jóvenes en Querétaro, destacando que la indumentaria va más allá de lo estético o utilitario, convirtiéndose en una herramienta performativa que refleja dinámicas psíquicas, sociales y culturales. A partir de las entrevistas, se identificó que el acto de vestirse está mediado por complejas interacciones entre lo individual y lo colectivo, lo consciente y lo inconsciente, lo imaginario y lo simbólico.

Uno de los hallazgos más relevantes es la influencia de las experiencias de socialización temprana en la elección de vestimenta, donde la figura materna desempeña un papel central en la infancia, lo que refuerza la idea de Lacan sobre el "estadio del espejo", en el cual el sujeto comienza a configurar su identidad a través de la mirada del *Otro*, en este caso, la madre. Sin embargo, durante la adolescencia tardía, las participantes experimentan una “crisis de estilo”, en la que renegocian estas influencias para definir una identidad propia, en coherencia con los postulados de Erikson sobre la búsqueda de identidad durante esa etapa.

Otro factor significativo es el impacto de las redes sociales en la construcción de la identidad. Plataformas como Instagram y TikTok actúan como agentes de socialización, influyendo en las decisiones de moda de las participantes. Si bien estos espacios facilitan la autoexpresión, también generan presiones estéticas que afectan la autoestima, reflejando la "cognición atávica" de Adam y Galinsky, que vincula la vestimenta con la autopercepción.

La investigación también subraya el carácter performativo de la vestimenta, siguiendo a Butler, donde las mujeres adoptan diferentes estilos según el contexto, articulando una identidad flexible y adaptativa. En el ámbito laboral, por ejemplo, las participantes eligen prendas que proyecten autoridad sin sacrificar su esencia. Además, nueve de las entrevistadas reportaron haber utilizado la vestimenta como una forma de protesta, desafiando las expectativas familiares y sociales, lo que refuerza la teoría lacaniana sobre el conflicto entre el deseo del sujeto y el del *Otro*.

Otro hallazgo clave fue la relación entre la vestimenta y el bienestar emocional. Las participantes señalaron que su elección de ropa afecta directamente su estado de ánimo, confianza y autoestima. Este punto es relevante para la psicología clínica, ya que sugiere que la ropa puede ser un recurso terapéutico para mejorar la autopercepción y el autocuidado, alineándose con la idea de Freud de que la identidad está en constante construcción y la vestimenta contribuye a la regulación del *yo*.

Con esto, se evidencia que la vestimenta es un reflejo de la identidad, a la par de un espacio de resistencia, expresión, (in)conformidad y bienestar emocional. Las mujeres jóvenes en Querétaro utilizan la moda como un lenguaje simbólico para negociar su lugar en la sociedad y confrontar las expectativas culturales y familiares. Así, se refuerza la relevancia de la moda en los estudios de identidad, psicología clínica y psicoanálisis, mostrando cómo los aspectos simbólicos de la vestimenta influyen en la subjetividad y en la construcción del *yo*.

Referencias.

Adam, H. y Galinsky, A. (2012). Enclothed cognition. *Journal of experimental Social Psychology, 48* (4), 918-925. https://doi.org/10.1016/j.jesp.2012.02.008

Bancroft, A. (2012). *Fashion and Phychoanalysis*. Styling the Self. I. B. Tauris. https://mumbletheoryhome.files.wordpress.com/2020/11/alison-Bancroft-fashion- and-psychoanalysis-3.pdf

Barthes, R. (1959). El lenguaje de la vestimenta. En Langage et vêtement. *Critique 142*. 251

Butler, J. (1990). *El género en disputa. El feminismo y la subversión de la identidad*. Paidós. 253-275.

Erikson, E. (1971). *Identidad, juventud y crisis*. Paidós

Flügel, J. C. (2015). *Psicología del vestido*. Melusina.

Fogg, M. (prólogo de Steele, V.). (2017). *Moda. Toda la historia*. Blume.

Freud, S. (1921). Psicología de las masas y análisis del yo. En Sigmund Freud *Obras completas* (Vol. 18). Amorrortu.

Freud, S. (1929). *El malestar en la cultura y otros ensayos*. Alianza.

Galimberti, U. (2020). *Diccionario de psicología*. (14ta ed.). Editorial S. XXI.

Hawes, E. (1938). *Fashion is Spinach*. Random House.

Kaiser, B. (1997). *The Social Psychology of Clothing: Symbolic Appearances in Context.* Fairchild Books.

Lacan, J. (2009 [1936]). El estadio del Espejo como formador de la función de yo (je) tal como se nos revela en la experiencia psicoanalítica. En T. Segovia (Ed.), *Escritos 1*(3 ed., pp. 99-106). Siglo XXI.

Lacan, J. (1953). *Seminario 22: Lo Simbólico, lo Imaginario y lo Real.* https://www.psicopsi.com/wp-content/uploads/2021/06/Lacan-Seminario22.pdf

Manzini, J. L., (2000). Declaración de Helsinki: principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta Bioethica, VI* (2). 321-334. https://scielo.conicyt.cl/pdf/abioeth/v6n2/art10.pdf

Nasio, J. D. (1996). *El goce: Un concepto lacaniano.* Paidós.

Ramos, S. y Robles, B. (2018). Moda: Entre la Originalidad, la identidad y la Alienación. *Temas de Psicoanálisis 16.* 1-13. https://www.temasdepsicoanalisis.org/wp-content/uploads/2018/07/Sergio-Ramos-y-Bernab%C3%A9-Robles.-Moda-entre-la-originalidad-la-identidad-y-la-alienaci%C3%B3n-1.pdf

Riello, G. (2016). *Breve historia de la moda. Desde la Edad Media hasta la actualidad.* Gustavo Gili.

Secretaría de Salud, (2004). *Ley General de Salud.* Diario Oficial de la Federación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/377135/Ley_General_de_Salud.pdf

State Adolescent Health Resource Center. (2023). *Understanding Adolescence Using a Developmental Lens. Tasks of Late Adolescence (Ages 18-24).* University of Minnesota. https://sahrc.umn.edu/sites/sahrc.umn.edu/files/2023-09/English-AdolDevel-Late%20%28rev022423%29.pdf

Productores agrícolas de rosas en Qro, México: Contexto de asociatividad

Julián Alfaro Reynoso, José F. Vasco-Leal[1*]

[1,2] Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas S/N. C.P. 76000, Querétaro, Qro.
Autor para correspondencia*: jose.vasco@uaq.mx

Resumen

El agronegocio de las rosas en el estado de Querétaro representa importancia económica, social y ambiental para los municipios de San Juan del Río y Pedro Escobedo en el estado de Querétaro. Con la finalidad de diseñar estrategias de gestión empresarial que contribuyan a impulsar el desarrollo competitivo y constante de este prominente agronegocio, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el nivel de asociatividad de los productores agrícolas de rosas. La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo con pretensiones descriptivas. El trabajo de campo consistió en la aplicación de 58 encuestas estructuradas a los productores agrícolas representantes de las unidades económicas rurales (UER). Se realizó el diagnóstico tipo FODA y a partir de ahí se plantearon estrategias utilizando el análisis CAME. De acuerdo con los resultados obtenidos, se deberá realizar énfasis en incentivar la asociatividad a través del trabajo en equipo, la formalización de grupos y asociaciones que privilegien el bienestar común. Así también, será importante el desarrollo de estrategias para la asociatividad de los productores agrícolas que beneficien la economía local, la cohesión social y el desarrollo rural. Finalmente, se concluye que para lograr que el agronegocio de las rosas sea un motor sostenible para la economía queretana y trascienda de forma positiva en la comunidad rural, los productores deberán crear organizaciones legalmente constituidas, incentivar la formalización de grupos y asociaciones, como también fomentar el desarrollo de capacidades asociativas y de trabajo en equipo que faciliten la toma de decisiones que beneficien la economía local.

Palabras-clave: Agroempresarial, bienestar, economía solidaria, flor de corte, trabajo en equipo.

Abstract

The rose agribusiness in the state of Querétaro represents economic, social and environmental importance for the municipalities of San Juan del Río and Pedro Escobedo in the state of Querétaro. In order to design business management strategies that contribute to promote the competitive and constant development of this prominent agribusiness, the objective of this study was to determine the level of associativity of rose agricultural producers. The research was carried out using a quantitative approach with descriptive pretensions. The field work consisted of the application of 58 structured surveys to agricultural producers representing rural economic units (REU). A SWOT diagnosis was carried out and from there, strategies were proposed using the CAME analysis. Based on the results obtained, emphasis should be placed on encouraging associativity through teamwork and the formalization of groups and associations that favor the common good. It will also be important to develop strategies for the associativity of agricultural producers that benefit the local economy, social cohesion and rural development. Finally, it is concluded that in order for the rose agribusiness to be a sustainable engine for the Queretaro economy and have a positive impact on the rural community, producers should create legally constituted organizations, encourage the formalization of groups and associations**,** as well as foster the development of associative and teamwork capacities that facilitate decision-making that benefits the local economy.

Keywords: Agribusiness, welfare, solidarity economy, cut flower, teamwork.

Introducción

La economía solidaria se presenta como una alternativa viable para abordar las diversas problemáticas que enfrentan los pequeños productores agrícolas. A pesar de las bondades que puede representar la asociatividad su uso ha sido limitado, caracterizado principalmente por la poca visión empresarial. Los pequeños productores agrícolas se caracterizan por trabajar de manera individual y aislada, situación que se ve agravada por la falta de recursos, capacitación y escasas redes de apoyo que faciliten el intercambio de conocimientos y experiencia, lo cual ha limitado el crecimiento económico de sus unidades económicas rurales.

De acuerdo a lo anterior, Sanabria-Neira y Salgado Beltrán (2023), argumentan que la modernización del sector rural requiere la formulación y ejecución de procesos que fortalezcan tanto la competitividad como la calidad de vida de los productores. Este enfoque abarca diversas áreas, incluyendo la educación, la generación de empleo, la adición de valor a los productos, la reconversión productiva y el establecimiento de vínculos con los mercados nacionales e internacionales.

A pesar de su gran importancia económica, social y ambiental que representa este sector primario para el estado de Querétaro, este ha sido poco estudiado, presentando diferentes problemáticas, las cuales no se han abordado de forma adecuada impidiendo que estos agronegocios presenten crecimiento sostenible y generación de riqueza para los productores agrícolas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la asociatividad no solo fomenta el desarrollo económico sostenible, sino que también promueve la cohesión social y el empoderamiento comunitario. Al juntar voluntades, estos agricultores pueden diversificar su producción, acceder a financiamiento y participar en cadenas de valor más amplias, lo que permite enfrentar de manera más efectiva los desafíos del mercado y mejorar sus condiciones de vida. En este sentido, la economía solidaria emerge como una herramienta clave para transformar el panorama agrícola en el estado de Querétaro.

Con base en lo anterior, se puede tener en cuenta la perspectiva de Liendo y Martínez (2011), la asociatividad rural puede ser analizada desde dos enfoques distintos. El primero es de naturaleza social, que se basa en principios de cooperación, ayuda mutua, solidaridad y trabajo en equipo. El segundo enfoque es de carácter económico, centrado en priorizar proyectos productivos y fomentar la creación de agroempresas exitosas.

La transición hacia modelos asociativos es pertinente, ya que permite a los productores compartir recursos, conocimientos y habilidades, generando sinergias que fortalecen su competitividad.

Este estudio resulta de gran importancia, ya que representa la vinculación y extensión de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Querétaro con sectores prioritarios de nuestro territorio y de esta forma coadyuvar a los agricultores en la toma de decisiones en su gestión de negocios.

Conforme a lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de asociatividad por parte de los productores agrícolas de rosas de los municipios de San Juan del Río y Pedro Escobedo, en el estado de Querétaro.

Importancia de la producción agrícola de las rosas en México

En México, la floricultura se reconoce como una de las actividades más significativas dentro del sector agropecuario, especialmente en el ámbito agrícola, debido a su capacidad para generar ingresos elevados en comparación con los cultivos tradicionales que presentan menor productividad (Ramírez Hernández y Avitia-Rodríguez, 2017).

De acuerdo al SIAP (2024) para el año 2022, el país contabiliza diez estados con producción de rosa, siendo en orden de importancia el estado de México con un área sembrada de 876 hectáreas y valor de la producción de dos mil 054 millones 260 mil pesos, seguido por Puebla (383 hectáreas - 242 millones 493 mil pesos), Morelos (300 hectáreas - 122 millones 617 mil pesos) y el estado de Querétaro (125 hectáreas - 182 millones 872 mil pesos).

Tejeda-Sartorius y Arévalo-Galarza (2012), expresan que el mercado de la flor de corte y arreglos florales es una alternativa económica valiosa para el desarrollo y diversificación del minifundio mexicano compuesto por ejidos, comunidades y áreas indígenas; sin embargo, para que esto sea procedente se deberá de estructurar esquemas de asociaciones domésticas y empresas familiares, para desarrollar habilidades y generar valor agregado.

Pérez-Ramírez et al. (2024), reportan que la consolidación de un mercado de exportación entre México y Canadá podría generar proyectos productivos con impactos positivos en la economía, la sociedad y las comunidades rurales, así como en la creación de oportunidades que fomenten el interés por la producción primaria, la creación de empleos formales en comunidades rurales, el desarrollo rural y un cambio generacional que genere la atención de los jóvenes.

Finalmente, de acuerdo a estudios realizados por Solís-Lozano et al. (2022), evidencian la importancia económica de la cadena productiva de las flores en el estado de Querétaro, el cual es uno de los cultivos alternativos que genera gran derrama económica en menor espacio, en relación con otros cultivos como el maíz, tomate, chile, alfalfa, entre otros.

Economía solidaria: asociatividad para el desarrollo económico.

Singer (2008), define la economía solidaria como un modelo de producción basado en principios de solidaridad, distribución equitativa de las ganancias y autogestión. Esto implica que este modelo es una estructura organizativa en la que los derechos son iguales y los medios de producción son de propiedad colectiva, administrados democráticamente por los trabajadores. Según lo expresado por Singer (2001), estas "empresas" abarcan diversas formas de organización asociativa voluntaria, orientadas a generar beneficios económicos para sus miembros como respuesta a las problemáticas sociales derivadas del modelo económico actual, especialmente la pobreza provocada por la falta de oportunidades para participar en los procesos productivos. Este enfoque promueve la dignidad humana, el respeto por uno mismo y la ciudadanía de las personas involucradas en estas iniciativas.

En concordancia, Battisti et al. (2020), subrayan la relevancia de la economía solidaria al vincularla con otros movimientos como la economía social y la economía popular. Aunque estos conceptos son distintos y poseen una identidad propia, han sido motores de transformaciones sociales y económicas a nivel global. A través de experiencias concretas, este enfoque no solo desafía el modelo económico predominante, sino que también demuestra que es viable y fundamental establecer un modelo alternativo de desarrollo económico y social. Este nuevo paradigma debe estar cimentado en valores como el trabajo, la igualdad de derechos, la dignidad humana, el respeto por la naturaleza y la diversidad, así como en principios de autogestión, democracia, justicia social y libertad.

La importancia de tener en cuenta este tipo de corrientes económicas se evidencia por ejemplo en lo expuesto por Chaves y Demoustier (2013), quienes exponen que diversos actores sociales, incluidos investigadores, académicos, responsables gubernamentales en el ámbito de la política económica y social, así como empresarios y profesionales de distintas disciplinas a nivel global, están centrando su atención en este ámbito. Esto se debe a la capacidad para abordar y resolver problemáticas sociales significativas, tales como la desigualdad, el desempleo y la pobreza, entre otras más.

Metodología

Ubicación espacial de la zona de estudio para realizar el diagnostico

Para el presente estudio se delimitó el territorio para la recolección de información de las UER de rosas en modalidad de cielo abierto y bajo cubierta (macro túnel e invernadero).

Área de estudio

La comunidad de El Organal forma parte del municipio de San Juan del Río, situado en el estado de Querétaro, y se encuentra en las coordenadas 20°28’35” de latitud norte y 100°03’13” de longitud oeste. Por otro lado, la comunidad de San Clemente pertenece al municipio de Pedro Escobedo, también en el estado de Querétaro, y se localiza en las

coordenadas 20°30’50” de latitud norte y 100°05’08” de longitud oeste. Figura 1.

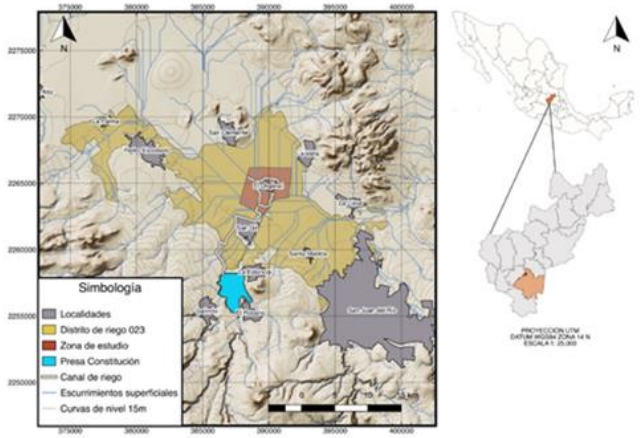


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia con información georreferenciada

Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo cuantitativo, con un enfoque descriptivo de corte transversal; esta clase de investigación permite analizar variables en un único momento (Cvetkovic-Vega et al., 2021).

Estrategia para el acopio de la información

El procedimiento de contacto con los productores de rosas fue mediante la concertación de citas y visitas en sus UER en los cuales se les explicó el objetivo del diagnóstico y su disponibilidad de participar en el estudio. Este trabajo de investigación y vinculación se realizó con el acompañamiento del personal del Colegio de Ingenieros Agrónomos Queretanos A.C. Antes de la recolección y aplicación definitiva de la encuesta, se realizaron pruebas piloto para ajustar el cuestionario y la base de datos de los productores agrícolas.

Instrumento para la recopilación de la información

La técnica de investigación utilizada para la recopilación de información fue la aplicación de encuesta. El instrumento de recogida de datos fue la realización de un cuestionario compuesto por un bloque de preguntas, diseñado para recoger los datos necesarios para el desarrollo del diagnóstico. La encuesta aplicada a los productores de rosa se dividió en un bloque de la siguiente manera en la Tabla 1.

Tabla 1. Gestión empresarial de las UER del agronegocio de la rosa en el estado de Querétaro

Bloque	Finalidad
Asociatividad	Determinar el nivel de asociatividad por parte de los productores agrícolas de rosas.

Fuente: Elaboración propia

Tamaño de la muestra

Para realizar la selección de la muestra objeto de estudio se recopiló información de las UER de rosas proveniente de distintas bases de datos de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de Querétaro (SEDEA). Se unificaron todos los registros disponibles y se realizó un muestreo aleatorio simple para calcular el número de encuestas, el cual arrojó una muestra final de 58 UER de rosas.

Validación, confidencialidad y aspectos éticos

El instrumento se validó con un coeficiente alfa de Cronbach de 0.9. Para garantizar la confidencialidad, el cuestionario de cada participante fue codificado con un número para resguardar su identidad. Se firmó un consentimiento informado en el que se explicó que la participación en la investigación no era obligatoria y que podían renunciar a ella en cualquier momento.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se trabajaron a través de codificaciones determinadas para su registro en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2017, el software utilizado para el tratamiento estadístico descriptivo fue R versión 3.6.0 y el software utilizado para las gráficas fue PRISM versión 8.0.

Herramienta FODA para diagnosticar el contexto actual de la asociatividad en los productores agrícolas de rosas en Querétaro.

Según Ramírez (2017), “el análisis FODA es una evaluación subjetiva que facilita la comprensión, presentación, discusión y toma de decisiones. Este método puede aplicarse a cualquier proceso de decisión y generalmente se presenta en forma de matriz, dividida en cuatro áreas de análisis: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas”.

Análisis CAME

La matriz CAME entrecruza las variables del diagnóstico FODA para generar estrategias al combinarlas y de su interacción obtener propuestas que sirvan para corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener los puntos fuertes y explotar las oportunidades. Se siguió la metodología propuesta por Burbano Salazar y Fernández Zamudio (2018).

Resultados y discusión

Asociatividad

El motivo por el cual los productores agrícolas de rosas en el estado de Querétaro no han presentado interés por la asociatividad, es debido a múltiples causas entre las cuales se encuentra que su actividad productiva se realiza mayormente en la informalidad, se encuentran acostumbrados a realizar sus actividades de forma individual, desconfianza al trabajar en equipo con otros productores, conflictos que no han sido subsanados, alta resistencia al cambio, desinterés, etc.,

Cuando se cuestiona esta falta de asociatividad, el 44% de los encuestados menciona como motivo mayoritario el hecho de trabajar mejor como persona física y en segundo lugar que este tema no es prioritario (32%), falta de asesoría legal (13%), por malas experiencias y conflictos entre productores (8%) y no quiere tener complicaciones ante el SAT (3%). Existe entonces la percepción que la asociación es más problemática que beneficiosa, y que no es un tema que tengan presente por los conflictos y complicaciones que normalmente presentan. Ver figura 2.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran en discordia con lo expresado por Rodríguez-Espinosa et al. (2018) los cuales expresan que la asociatividad rural deberá ser entendida como una relación de confianza, trabajo colaborativo, participativo y de intercambio en red, en torno a un objetivo colectivo de mejoramiento productivo, organizacional y económico. Esto permitirá beneficios tales como planeación de actividades, negociación para acceder a materias primas más económicas, mejor acceso a servicios financieros, asesoría-asistencia técnica especializada, formación de recursos humanos que generen agroempresas sostenibles.

Por su parte, a los que les interesa asociarse con otros productores es por el motivo de recibir mejores precios en compras de insumos (24%), recibir asesoramiento (25%), comercialización (19%), transporte (18%) y tramitar apoyos de gobierno (14%). Ver figura 2.

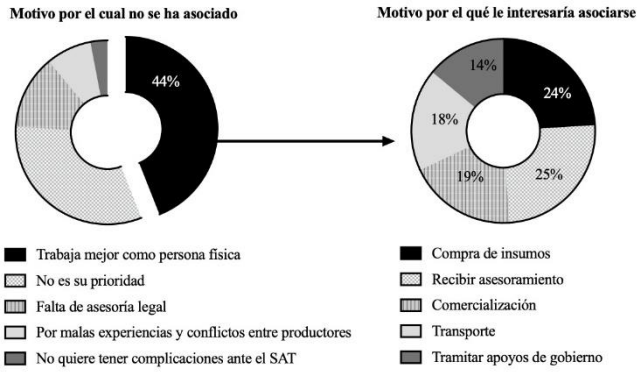


Figura 2. Asociatividad en los productores de rosas
Fuente: Elaboración propia

Dentro del bloque de productores que les interesa trabajar mancomunadamente, éstos lo hacen con el fin de conseguir mejores precios en la compra de insumos para la producción (31%), seguido de generar volúmenes y poder comercializar a grandes compradores (21%) y, en mismo porcentaje, generar logística de distribución para el transporte de las rosas (21%). Se mencionan como razones menores el recibir asesoramiento en temas productivos, financieros y legales (17%) y tramitar apoyos de gobierno (10%). Ver tabla 2.

Tabla 2. Motivo por el cual tiene interés de asociarse

Motivo	%
Conseguir mejores precios en la compra de insumos para la producción	31
Volúmenes y comercializar a grandes compradores	21
Logística de distribución	21
Recibir asesoramiento en temas productivos, financieros y legales	17
Tramitar apoyos de gobierno	10

Fuente: Elaboración propia

Asociar a productores no es tarea fácil en la región a de El Organal/San Clemente. Sin embargo, es una condición necesaria para crear alianzas estratégicas, si se quiere tener impacto en el medio rural. Mejorar la relación costo/beneficio a través de economías de escala. Así como, controlar el nivel de incidencia de plagas y/o enfermedades entre las UER. Obtener volúmenes de producto para ofrecer a cadenas de supermercados y nichos de mercado especializado.

También acceder a la implementación de programas con apoyos de gobierno en sus diferentes niveles.

Así mismo, Buenhombre-Vásquez y Mariño-Becerra (2022) confirman que la asociatividad representa el principal enfoque que los pequeños productores pueden considerar para aumentar su productividad y competitividad. Sin embargo, el desarrollo de estas estructuras asociativas es aún incipiente. El estudio evidencia una limitada visión empresarial, la ausencia de estrategias efectivas y una planificación y operación orientadas al corto plazo.

Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA).

A continuación, en la tabla 3 se describen los aspectos más destacados sobre las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la asociatividad en la cadena productiva de las rosas en el estado de Querétaro. Los cuales se analizan a mayor detalle para la toma de decisiones gerenciales. Ver tabla 3.

Tabla 3. Análisis FODA del contexto de asociatividad

Fortalezas
1. Experiencia en negociación (proveeduría y comercialización)
2. Producto de buena calidad
3. Fácil comercialización del producto
4. Sector agrícola es fuente de arraigo
5. Vasta trayectoria de los agricultores en el cultivo de rosas
6. Experiencia técnica y comercial
7. Disposición de los agricultores a aprender
8. Los agricultores gozan de buena reputación y relaciones con clientes
9. Demanda garantizada
Oportunidades
1. Ingreso a mercados nacionales e internacionales.
2. Programas de apoyo de gobierno a la producción agrícola
3. Reducción de riesgos (producción y comercialización)
4. Acceso a financiamiento (créditos y apoyos)
5. Lograr posicionamiento de marca colectiva
6. Acceso a recursos compartidos (equipos, maquinaria, herramientas, entre otros.)
7. Tendencia del mercado a comprar a productores primarios
8. Establecer estrategias para lograr el comercio justo
9. Realizar alianzas estratégicas (IES, ONG'S, entidades públicas, cooperación internacional)
10. Aprovechar el Agro-Turismo como actividad secundaria para ofrecer visitas en las zonas de cultivo.
11. Mercado en crecimiento
12. Creación y generación de fuentes de empleo
13. Fortalecimiento de capacidades y habilidades por medio del acceso a la educación
14. Fortalecimiento de la economía local
15. Creación de redes estratégicas que fortalezcan el trabajo en equipo
Debilidades
1. Desinterés por establecer e implementar estrategias de asociatividad y/o trabajo en equipo.
2. Dependencia de los tomadores de decisión.
3. Existencia de conflicto de intereses
4. Necesidad de líderes capacitados
5. Poca participación o desinterés por parte de miembros del equipo de trabajo
6. Dificultad en la administración
7. Limitación económica
8. Resistencia al cambio
9. Falta de innovación para la generación de nuevas líneas de negocio
10. Falta de un centro de acopio colectivo para el almacenamiento y conservación del producto.
Amenazas
1. Fluctuación del precio en el mercado
2. Cambio de precios de proveeduría
3. Ingreso de grandes inversionistas que desestabilicen el mercado
4. Políticas públicas inestables
5. Disminución del interés por las actividades debido a inseguridad y/o violencia en las zonas rurales
6. Cambio generacional
7. Migración de la población del sector rural al urbano (reduce la mano de obra disponible)
8. Cambios climáticos (heladas, sequías, lluvias excesivas) que puedan afectar la economía local.
9. Cambios en los hábitos de compra que pueden reducir la demanda de rosas
10. Riesgo de enfermedades y/o plagas que pueden afectar la economía local

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis FODA realizado en cuanto al nivel de asociatividad de los productores de rosas del estado de Querétaro, Giraldo, Lopera y Cardona et al. (2020) coinciden y destacan la relevancia de la asociatividad como una solución ante las carencias sociales y económicas que enfrenta la población rural. Estas agrupaciones comunitarias se constituyen como espacios de solidaridad, trabajo colaborativo, apoyo mutuo y confianza, además de fomentar proyectos socioeconómicos que impulsen iniciativas de inversión. Tales iniciativas están orientadas a generar ingresos para los productores, creando un entorno competitivo, rentable y sostenible

Análisis CAME

En la tabla 4 se presenta un análisis de la matriz CAME, donde se cruzan las variables del diagnóstico FODA. Este cruce permite generar estrategias al combinar las distintas dimensiones, lo que da lugar a propuestas destinadas a corregir las debilidades, enfrentar amenazas, mantener las fortalezas y aprovechar las oportunidades. Ver tabla 4.

Tabla 4. Análisis CAME

Debilidad – Estrategias de reinvención
1. Fomentar la asociatividad y el trabajo en equipo entre productores rurales, que faciliten la planeación de manera conjunta de las actividades a desarrollar en un periodo determinado, resaltando sus ventajas y beneficios.
2. Fortalecer la gestión organizacional y metodologías participativas que fomenten el empoderamiento de cada uno de los agricultores.
3. Establecer normas claras y espacios de dialogo para asegurar un buen clima organizacional para la toma de decisiones que genere confianza a partir de la transparencia.
4. Fomentar las capacitaciones, talleres y en un ambiente colaborativo que beneficie a los agricultores, con líderes que guíen a sus equipos hacia el logro de sus objetivos.
5. Motivar la participación activa de los miembros de los equipos de trabajo, asumiendo su liderazgo, enfatizando en sus bondades para alcanzar altos niveles de eficiencia y eficacia.
6. Realizar un diagnóstico para identificar los problemas que están aquejando a la organización y plantear soluciones inmediatas, a través de diferentes mecanismos de participación.
7. Gestionar recursos externos que superen esas adversidades, y optimizando sus recursos, lo que permite mantener negocios sostenibles y mantener la continuidad del negocio.
8. Indagar que genera esa resistencia al cambio, e identificar las causas que la provocan. Exponer las razones acerca de las necesidades de cambiar y adaptarse a las nuevas y cambiantes condiciones del mercado, creando un entorno donde el cambio sea visto como una oportunidad.
9. Promover la creatividad e innovación entre los agricultores, que incluya la creación de canales de comunicación donde se compartan las ideas que pueden contribuir a la mejora.
10. Impulsar la construcción de un centro de acopio colectivo, con facilidades de acceso, con instalaciones en condiciones de temperatura y humedad adecuadas, con el fin de preservar la calidad de la flor.
Amenaza – Estrategias de supervivencia
1. Crear fondos financieros para cubrir eventualidades, también a través de la eliminación de los excesos de oferta temporales, mediante la planeación de la producción.
2. Establecer precios de garantía y fortalecer acuerdos con los proveedores ante posibles fluctuaciones. Igualmente construir relaciones a largo plazo, basados en la confianza y la transparencia.
3. Realizar un análisis del entorno, que permita fortalecer la propuesta de valor, fidelizar clientes y establecer alianzas estratégicas para hacer frente a las cambiantes condiciones del mercado.
4. Establecer un análisis de riesgos del sector tendiente a adoptar una serie de medidas de prevención. De igual manera se requiere una correcta planeación para estar en capacidad de afrontar las situaciones más complejas. Fortalecer la cultura organizacional para disminuir la dependencia del entorno político
5. Implementar estrategias integrales, que integre diferentes ámbitos de la comunidad, a través de redes de apoyo y alianzas estratégicas, con entidades que contribuyan a construir comunidades seguras.
6. Establecer estrategias enfocadas a un relevo generacional planificado, que asuma la dirección y asegure la continuidad del negocio. Debe preverse la inclusión de los jóvenes para que mediante la transferencia de conocimientos y tecnología generen una transición asertiva hacia el futuro
7. Vincular los sectores rural y urbano, con el fin de mejorar y diversificar las oportunidades de empleo, a través del establecimiento de redes y alianzas estratégicas, con políticas públicas dirigidas a reducir la brecha existente.
8. Desarrollar estrategias de mitigación con acciones para prevenir el cambio climático, identificando los riesgos y estableciendo medidas de protección y manejo ambiental.
9. Establecer programas de lealtad, con el propósito de premiar el comportamiento de compra. También puede proyectarse entregar incentivos por compras recurrentes, y realizar una constante retroalimentación para estar atento a los cambios en los hábitos de compra.
10. Diseñar un adecuado manejo de enfermedades y/o plagas para la producción de rosas, evitando su proliferación entre las Unidades productoras. Proporcionar un adecuado tratamiento preventivo, que detecte cualquier riesgo a tiempo.
Fortaleza – Estrategias defensivas
1. Establecer con los grupos de interés relaciones sólidas y adaptación, a los cambios intempestivos del mercado.
2. Posicionar la marca colectiva, fidelizar clientes, participar en eventos e igualmente considerar estrategias de diferenciación del producto.
3. Formular proyectos que generen valor agregado, desarrollar ideas y planes de negocio de acuerdo a las tendencias del mercado, teniendo en cuenta los beneficios económicos para los integrantes de las organizaciones.
4. Diseñar estrategias y acciones específicos que generen identidad, arraigo y sentido de pertenencia por parte de los productores.

5. Iniciar procesos de experimentación e innovación en los cultivos de acuerdo a su experticia.
6. Mostrar testimonios de los resultados obtenidos para generar confianza y credibilidad
7. Diseñar programas que combinen conocimientos tradicionales y científicos, para mejorar las prácticas de los agricultores, que permita una capacitación continua y por ende su desarrollo personal y profesional
8. Consolidar alianzas estratégicas, desarrollar proyectos y fortalecer las capacidades administrativas para asegurar la continuidad en el mercado,
9. Fortalecer la administración de la organización a través del establecimiento de planes de producción, para atender de manera óptima el mercado.
Oportunidades – Estrategia ofensiva
1. Identificar los nichos de mercado especializado, fortalecer las redes comerciales nacionales e internacionales, aprovechar el comercio electrónico y buscar nuevos mercados ante las dinámicas cambiantes del mercado.
2. Consultar y acceder a apoyos del gobierno, establecidos en las diferentes políticas públicas, destinados a estimular las acciones de los productores
3. Desarrollar un plan para la mitigación de riesgos de producción y comercialización, que investigue e identifique los potenciales riesgos a los que este abocado el productor.
4. Obtener recursos, a través de créditos y/o apoyos, que permitan la expansión y modernización de la organización, que impulsen el desarrollo del sector.
5. Crear una cultura organizacional basada en la mejora continua, inversión en tecnología, capacitación, y cultura financiera, desarrollo de proyectos productivos en beneficio de los productores, teniendo en cuenta principalmente los aspectos económicos, ambientales y sociales.
6. Promover el trabajo en equipo, la asociatividad, gestionar los recursos necesarios ante los integrantes de la organización para fomentar colaboraciones que promuevan el posicionamiento, crecimiento sostenible y consolidación de la organización.
7. Desarrollar estrategias de posicionamiento en el mercado: participación en ferias, concursos, marca colectiva. Establecer campañas de marketing tradicional y digital, para acercar el producto al consumidor final.
8. Difundir y fomentar entre los clientes los atributos del producto, además de los beneficios económicos y sociales por la compra directa, y su impacto positivo en la economía local y bienestar de las familias.
9. Firmar e implementar convenios de colaboración ante IES, fundaciones, ONG´S y cooperación internacional, destacando la importancia de la producción agrícola local, dirigida a ampliar mercados, enriquecer propuestas de valor y generar ventajas competitivas.
10. Establecer una ruta turística que vincule a la agricultura con el turismo, la cual genere experiencias de identidad y fidelización para el disfrute de los turistas, y un ingreso adicional para los productores.
11. Generar nuevos productos a partir de las necesidades del mercado en el área de las rosas y de los coproductos que se producen a base de ello. De igual manera, proyectar un plan de diversificación con el fin de ampliar el mercado potencial.
12. Motivar a productores locales a realizar nuevas inversiones, y/o atraer inversionistas nacionales o extranjeros a incursionar en el mercado de las flores.
13. Programar talleres y seminarios dirigidos a actualizar a los agricultores, en aspectos técnicos, económicos , ambientales, entre otros, enfocados a alcanzar altos niveles de competitividad
14. Unir esfuerzos entre agricultores y entes gubernamentales que propendan por el crecimiento económico
15. Promover acciones específicas de redes estratégicas para el crecimiento sostenible del agricultor basándose en el beneficio colectivo a través del fortalecimiento del trabajo en equipo.

Conclusiones

De acuerdo a la información recopilada de manera directa con los productores agrícolas de rosas, este agronegocio para el estado de Querétaro tiene gran potencial de crecimiento, pero para ser un sector motor de la economía hace falta explorar y consolidar las áreas de oportunidad que aún se tiene en varios rubros.

(a) Se deberá realizar énfasis en la creación de una organización legalmente constituida que ejerza actividades comerciales, lo cual fortalecerá las estrategias de venta, la negociación de precios con proveedores para insumos, maquinaria, equipo, capacitación, entre otros.

(b) La asociatividad facilitará convenios y alianzas estratégicas con el sector financiero y apoyos gubernamentales, financiamiento por parte de ONG´S, cooperación internacional, entre otros más.

(c) Incentivar la formalización de grupos y asociaciones de productores y comercializadores regionales.

(d) Se deberá de fomentar el desarrollo de capacidades productivas, asociativas y de trabajo en equipo que faciliten la toma de decisiones.

Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los productores de rosas de las comunidades de El Organal y San Clemente por su tiempo y disposición a participar de esta actividad de extensión y vinculación. Al Cuerpo Académico Gestión Competitiva de la Facultad de Contaduría y Administración de la UAQ. Así como al Fondo para el Desarrollo del Conocimiento (FONDEC-UAQ) por el financiamiento del proyecto "Vinculación estratégica y transferencia de conocimientos y tecnología al sector agrícola en el municipio de San Juan del Río, Querétaro, México" del cual hace parte la presente investigación.

Referencias

Battisti Telles L., Marcuello Servós C. y Messias Bittencourt J. V. (2020). Las perspectivas Latinoamericana y Europea de la Economía Solidaria. REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos, 134, e69171. https://doi.org/10.5209/reve.69171

Buenhombre Vásquez, M. A., y Mariño Becerra, G. Y. (2022). Asociatividad como estrategia de productividad y competitividad del sector agrícola. Revista Venezolana de Gerencia, 27(98), 619-633. https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.98.15

Burbano Salazar, J., & Fernández Zamudio, M. Ángeles. (2018). Diagnóstico del sector agroalimentario de Ecuador: una aproximación al ecosistema agroemprendedor. Anales Científicos, 79(2), 519-525. https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1264

Chaves, R., y Demoustier, D. (2013). The Emergence of the Social Economy in Public Policy: An International Analysis (P. Lang (ed.)). Centre international de recherches et d'information sur l'économie collective.

Cvetković Vega, A., Maguiña, J. L., Soto, A., Lama-Valdivia, J., & Correa López, L. (2021) "Cross-sectional studies". *Revista de la Facultad de Medicina Humana*: 21(1), 179-185. http://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v21i1.3069

Giraldo Calderón, P. E., Lopera Cardona, M., & Cardona Acevedo, M. (2020). La asociatividad comunitaria para el emprendimiento rural: la experiencia de tres asociaciones del corregimiento de Tribunas Córcega, Pereira. Estudos Sociedade e Agricultura, 28(1), 208-226. https://doi.org/10.36920/esa-v28n1-9

Liendo, M., & Martínez, A. (2011). Asociatividad. Una alternativa para el desarrollo y crecimiento de las pymes. Universidad Nacional del Rosario, Instituto de Investigaciones Económicas, Escuela de Economía.

Pérez-Ramírez, R., Villarroel, L. M., Vivanco-Vargas, M., Díaz-Calzada, M. E., Sánchez-Rayas, F., Pérez-Ramírez, C., Solís-Lozano, J. A., & Vasco-Leal, J. F. (2024). Competitive management for export of roses from Mexico to Canada. Agro Productividad. https://doi.org/10.32854/agrop.v17i8.2687

Ramírez Hernández, J. J., & Avitia-Rodríguez, J. A. (2017). Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de economía*, *34*(88), 99-122. Recuperado a partir de https://www.scielo.org.mx/pdf/remy/v34n88/2395-8715-remy-34-88-99.pdf

Ramírez Rojas, J. L (2017). Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas.

Rodríguez-Espinosa, H., Ramírez-Gómez, C. J., & Restrepo-Betancur, L. F. (2018). Factores Determinantes de la Sostenibilidad de las Agroempresas Asociativas Rurales. Revista De Economía e Sociología Rural, 56, 107-122. https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560107

Sanabria Neira, N. C., & Salgado Beltrán, L. (2023). Aproximación al Concepto de Asociatividad Agropecuaria Como Desarrollo Rural. Vértice universitario, 25(94), e68. https://doi.org/10.36792/rvu.v25i94.68

SIAP (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Singer, P. (2001). Economia solidária versus economia capitalista, Sociedade e Estado, Vol. 16, Nº 1, 100-112. https://doi.org/10.1590/S0102-69922001000100005

Singer,P.(2008). Economia solidária. Estudos Avançados,Vol.22, 62, 289-314. https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000100020

Solís-Lozano, J. A., Cuellar-Núñez, L., Vivanco-Vargas, M., Méndez-Gallegos, S. de J., & Vasco-Leal, J. F. (2022). Strategic and competitive advantages of the agricultural sector in Querétaro, Mexico. Agro Productividad. https://doi.org/10.32854/agrop.v15i2.2099

Tejeda-Sartorius, O., Arévalo-Galarza, M. L. (2012). La floricultura, una opción económica rentable para el minifundio mexicano. Agro Productividad, 5(3). Recuperado a partir de https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/404

Aproximación a las anécdotas neomexas: fenómeno pandémico digital

María Gisela Zavala Luna
Asesora: Dr. Claudia L. Gutiérrez Piña
Universidad de Guanajuato
mg.zavalaluna@ugto.mx

Resumen

El virus propagado en el 2020, Covid-19, representó un cambio en las interacciones sociales, pasar de estar físicamente al lado de una persona a acompañarse a través de una pantalla no solo fue un desequilibrio en las relaciones sociales, en sí significó trastocar la propia naturaleza humana. Ante un problema como este, cada individuo tuvo distintas formas de lidiar con él, entre las alternativas se encuentra un aumento en el uso de redes sociales para mantenerse relacionados con personas fuera de su espacio aislado. Entre las tendencias digitales surgidas en pandemia, están las anécdotas neomexas; historias breves y morbosas que interesaron a adolescentes y jóvenes adultos quienes viralizaron las historias hasta compilar 72 en la antología *La rata con thinner y otras anécdotas de la sociedad latinoamericana actual*. Estos textos se pueden clasificar en dos vertientes, el sexo y el terror, pero es la primera de ellas la que puede hablar de una manera de afrontar la pandemia un grupo especifico de jóvenes acostumbrados a la banalización del sexo y la dinámica social de la internet.

Abstract

The virus spread in 2020, Covid-19, represented a change in social interactions, going from being physically next to a person to being accompanied through a screen was not only an imbalance in social relations, it meant disrupting human nature itself. Faced with a problem like this, each individual had different ways to deal with it, among the alternatives is an increase in the use of social networks to stay connected with people outside their isolated space. Among the digital trends that emerged during the pandemic are the neomexas anecdotes; short and morbid stories that interested teenagers and young adults who viralized the stories until they compiled 72 in the anthology La rata con thinner y otras anécdotas de la sociedad latinoamericana actual (The rat with thinner and other anecdotes of today's Latin American society). These texts can be classified in two aspects, sex and terror, but it is the first one that can speak of a way of facing the pandemic a specific group of young people accustomed to the trivialization of sex and the social dynamics of the Internet.

Palabras claves
Anécdota, redes sociales, pandemia, cuerpo, pornografía hardcore

Keywords
Anecdote, social networks, pandemic, body, hardcore pornography

Introducción

Diferentes fenómenos escriturales han aparecido en internet por la facilidad de explotación y alcance, como ejemplo de ellos se encuentra el fanfic o la creepypasta. Son una respuesta a usuarios que deciden tomar sus teclados y compartir sus propias historias. Similar a los mencionados, existe el fenómeno neomexa, nombre dado a un grupo de relatos breves de escritura descuidada popularizados en Facebook durante el 2021 y el 2022. Sin embargo, el nombre más conocido de estas historias es "La rata con thinner", por ser el relato más conocido, a la par, también se viralizó "El perro que come cereal con cuchara" y ambas fueron los referentes temáticos: el sexo y la sobrenaturalidad. Empero, a lo largo de estas líneas únicamente se hablará de las historias de índole sexual y su relación con el aislamiento de los jóvenes entre sus 16 a los 20's años.

En este análisis, también se abordará la dinámica de las redes sociales junto al concepto de la masa y el enjambre digital. De esta forma, se observarán los cambios en las redes durante la pandemia y se hipotetizará sobre la explotación del fenómeno neomexa, en otras palabras, se intentará dar una explicación al interés de una generación joven por textos explícitos en torno al sexo.

Cabe recalcar que estas historias no han sido investigadas con anterioridad de ninguna manera por dos factores principales: su novedad y la dinámica del meme, lo cual lo deslinda de alguna seriedad. Empero, el gran interés de los usuarios me llevó a una observación atenta de las anécdotas para una posterior investigación desde los cercanos a esta manifestación escritural, porque fue interesante cómo un fenómeno surgido como una broma digital se convirtió en un libro registrado con más de 60 historias en dos años.

Durante el encierro provocado por la pandemia por Covid-19, entre los años 2021 y 2022, se popularizó un fenómeno en algunos grupos de Facebook llamado narraciones neomexas o anécdotas neomexas. Estas se caracterizan por ubicarse en escenarios urbanos de Latinoamérica, principalmente México, contener modismos, escenas sexuales llevadas al extremo y una extensión corta; la mayoría de las anécdotas ni siquiera llegan a las tres cuartillas. Los temas oscilan entre el terror o el sexo y su estructura anecdótica guarda semejanza con las leyendas urbanas. Actualmente pueden leerse 74 de estas historias en la antología del 2022 *La rata con thinner y otras anécdotas de la sociedad latinoamericana actual* compilada por Omar Ramírez.[1]

Al ser un acontecimiento de redes sociales, conviene adentrarnos a las interacciones en esos espacios comenzando desde la definición de red social o de comunicación. Según John Downing, la red es "un conjunto global de conexiones electrónicas para uso de Internet, su significado es claro, pero usado para referirse a las redes sociales, su sentido es mucho más elusivo" (p. 15, 2010). Al decir esto, no solo habla de las aplicaciones y plataformas digitales para conectar con otras personas, lo que él considera como redes sociales son en sí el tejido social y las múltiples formas que toman los movimientos sociales. Entonces, se puede decir que la red son todas las adaptaciones de un movimiento para dominar y hacerse ver, un concepto más allá de la web. El estudioso considera que un movimiento social no necesita tener la misma dimensión, puede ser el activismo de un barrio y seguiría levantando a una comunidad porque son alzamientos de personas cuyas vidas cotidianas se ven afectadas por una situación en específico. Sin embargo, la adaptabilidad de los movimientos no es la única razón de Downing para ampliar el significado de "red", también lo hace por la cuestión de la extensión geográfica, pues el internet hace sus conexiones a nivel mundial. Las plataformas digitales como redes sociales son meras extensiones de las redes de comunicación.

En la actualidad, algunos ejemplos de redes son blogs, perfiles o, en el caso de este objeto de

[1] En junio de 2023, Ramírez y otros miembros del mismo grupo de Facebook, compilan 72 nuevas historias en "SIDA". Algunas narraciones se pensaron como una segunda parte de las historias de la primera compilación. En general, el libro se gestó como una segunda parte, sin embargo, no tomaré en cuenta "SIDA" para la investigación por su poca popularidad en comparación de la primera antología.

estudio, grupos en Facebook dedicados a los memes[2], leyendas de internet y *shitpost*[3]. Los espacios digitales más destacados en la popularización de las anécdotas neomexas son los grupos "Shakespeare nos escribió", "La literatura después del Boom (desteperreointenso)" y la página "Historias de internet literatura de oro de ayer y hoy". Destaco estos porque su núcleo se concentra en el *shitpost* y los memes literarios, de hecho, en "Shakespeare nos escribió" el miembro Omar Ramírez hace una primera compilación con 65 relatos neomexas en 2020, pero la versión más conocida de la antología es la de 2022 con 72 anécdotas, la ya mencionada, *La rata con thinner y otras anécdotas de la sociedad latinoamericana actual.*

Entonces, Facebook fue la red social que popularizó el fenómeno neomexa, los grupos antes mencionados publicaban los textos y los miembros, casi 60 mil personas en cada grupo y página, se encargaron de viralizar las primeras anécdotas hasta llegar a otras plataformas como TikTok, X antes Twitter, Instagram, blogs dedicados al humor o a las leyendas, YouTube e inclusive plataformas de libros digitales como Scribd.

Es incierto decir en cuál grupo se posteó la primera narración de este tipo o cuál si quiera la primera en crearse, pero sí podemos definir la primera de ellas en popularizarse y por la cual se nombró a la antología de esa manera: "La rata con thinner". En ella, se describe un encuentro sexual zoofílico entre un vagabundo y un estudiante, además de involucrar prostitución y una fuerte infección a raíz de la insalubre práctica.

A partir de la escritura de este relato, muchos otros asemejaron el estilo que se refleja mejor en el siguiente fragmento del texto:

> Le dimos una maruchan al wey y mientras tragaba le dije a mi primo: ¨nu maaaa te pasate de cabron¨ y el solo se ríe y me contesta: ¨jajaja ya se¨. En eso el vago se mete la mano a la bolsa de us chamarra y agarro mi fusca por si las moscas pero nel, el wey nomas saca una pinche rartota muerta toda tiesa, la empapa de tiner y la comienza a inhalar como estopa[4]. (2022)

La escritura de la anécdota es muy explícita, al igual que muchos otros relatos de esta naturaleza entre los que encontramos "El amante de las palomas", "La enana y su abuela", "Arturo y Duque", "Mi abuelo Itatí", "Sex shop" y otras cuya principal característica es la descripción detallada de actos sexuales.

De los títulos mencionados, "El amante de las palomas" y "Arturo y duque" exponen conductas zoofílicas con aves o perros, mientras "La enana y su abuela" y "Mi abuelo Itatí" se inclinan al incesto y, en el caso del último, incluso se describe la violación grupal hacia un anciano. Por otro lado, "La sex shop", historia menos agresiva, relata la relación sexual entre una mujer y un joven, trabajadores ambos de una *sex shop.* Si bien, en algunas historias puede no haber un hecho delictivo, todas comparten un trato reduccionista del sexo, al menos desde la percepción de Edith Peña Sánchez sobre la pornografía, material que expone genitales y acciones de tal forma que reduce el sexo a lo más simple y superficial.

En el caso de las anécdotas, hay una reducción del encuentro sexual a la violencia. Los golpes, las parafilias, los padecimientos mentales, el incesto, las orgías y las acciones no consensuadas abundan en las narraciones de las anécdotas pertenecientes al rubro pornográfico.

En este punto, es importante destacar las actuales categorías del material pornográfico actual clasificadas por Sánchez en el 2012, de esta forma se vislumbra una relación entre usuarios y el sexo.

> *Softcore*, considerado como la expresión gráfica del cuerpo que integra desnudos parciales del cuerpo femenino y masculino, pero no incluye primeros planos de los genitales ni de prácticas sexuales […] *mediumcore*, expresión gráfica del cuerpo que integra desnudos totales y primeros planos de

[2] Imagen, vídeo o texto con la intención de ser difundido rápidamente en internet. Su principal característica es el humor de cualquier tipo.

[3] Literalmente traducido como "postear caca", se refiere al contenido en redes sociales publicado con el fin de ser inútil y totalmente burdo. Parte de ese contenido ha sido creado con el fin de provocar descontento al tratar temas delicados (como violencia de cualquier tipo) con burla.

[4] [*sic.*]

> los genitales, pero no prácticas sexuales explícitas […] y *hardcore*, expresión gráfica del cuerpo basada en la demostración de un acto sexual explícito de cualquier tipo. (p. 49)

El caso del *mediumcore* y, principalmente, del hardcore, grados más intensos de la pornografía. En ellos se busca algo "más real que lo real" (Hermann, 2014), por ello es material violento que, aunque existía desde 1995, con la llegada de los celulares inteligentes y la libertad en internet se puede acceder con mucha mayor facilidad a videos cada vez más gráficos y violentos relacionados al sexo. La pornografía dentro de la globalización es un muy amplio mercado cuyos intereses ya no son un *glamour* o cuerpos de actores o actrices, ahora la pornografía vende desde el terreno de la representación. El mercado pornográfico ha expandido sus horizontes en amplios géneros y actores, aun con ello, el tipo de pornografía más consumida es el amateur, el cual según Amaya Hermann:

> Parece haberse convertido en un género privilegiado que reemplaza a los *pornstars*... En este género, el sexo "real" es filmado y publicado en Internet, las grabaciones son de baja calidad, sin edición, la mayoría de las veces están hechas por los mismos actores. En ellas se exponen cuerpos sin maquillar, escenas de infidelidades, de sexo casual. El escenario son los espacios cotidianos: las oficinas, los baños públicos, la casa del vecino, la alcoba de la esposa infiel, el salón de clases, el hotel de paso, etc. A diferencia de las producciones pornográficas costosas, los videos caseros perecen exponer una intimidad, muestran un comportamiento sexual auténtico, son el registro de una sexualidad genuina y el reflejo de una interiorización de las representaciones pornográficas. (2014)

El consumidor actual no busca una excitación mediante el simple acto del sexo, busca la imagen de un igual a él en la pantalla debido a la nueva interacción de las redes. Si el espacio de la red actual se encuentra en la web, entonces el consumidor del porno no solo es un cliente es, de alguna manera, participe de las relaciones observadas por la ilusión de la cercanía entre la mirada, la pantalla y las personas en los videos. Dicho en las palabras de Hermann, "de forma analógica, el sentido de publicar en la WEB un encuentro sexual ordinario otorga la ilusión de haber intervenido en los acontecimientos o de haber desempeñado un papel apreciable" (2014). Cuando el consumidor ha llegado a un punto de sobreexposición del material, siente una trivialización del mismo que lo lleva a interesarse en los extremos.

Los relatos neomexas sexuales pueden ser considerados como historias de porno *hardcore*, pero si se piensa en la reacción del consumidor, también tendría que analizarse la intención de quien crea el material. Aunque no se le pueda preguntar a cada autor los motivos para crear historias como "Mi tío Pedro en el *Subway*", "La sex shop" o sus similares, es fácil intuir la intención de las historias. Las descripciones gráficas, pero principalmente desagradables del sexo, me llevan a creer que no hay una búsqueda de excitación en el consumidor, sino un móvil morboso.

Como ejemplo de ello, la escena de "Mi tío Pedro en el *Subway*" es la interacción de dos hombres que tienen sexo en un establecimiento público frente a personas. De nuevo, no existe un trato erótico del asunto, solo una simpleza del sexo llevado a los extremos del exhibicionismo.

Ahora bien, es importante recordar las edades entre las que oscilan los adeptos a las anécdotas neomexas: adolescentes y jóvenes adultos entre los 16 y los 20's. Una población que tuvo una relación con la pornografía de forma cercana hasta llegar a su normalización, pues en los años donde los fans de las anécdotas comenzaron a interesarse en la sexualidad, alrededor del 2010, el internet ya tenía una gran industria sobre ello. Momento donde también comienza una relación más cercana con la juventud y el acceso libre del contenido en internet.

Con un público tan acostumbrado al sexo, quien constantemente busca ampliar los extremos del cuerpo humano debido a la trivialización que tiene como consecuencia la búsqueda de algo nuevo que realmente los sorprenda., es fácil desembocar en narraciones explicitas. para condensar la idea, el sexo en las historias, como se dijo, no funge como un elemento de excitación, sino como un escenario para satisfacer el morbo mediante el asco y la exageración

Aunado a lo anterior, las anécdotas neomexas tienen en su estructura rasgos cómicos que llegan al

ridículo, un elemento más asociado al asco y al morbo de lo que se puede pensar. Los diálogos y las descripciones de las narraciones engrandecen los hechos o buscan ser tan gráficos para generar una risa incomoda; es lo que queda después de la dificultad de abandonar la lectura que alimenta el morbo. En las palabras de José Luis Barrios,

> El asco y el morbo, si bien no necesariamente se relacionan con la risa, están muy cerca del sentido de lo ridículo de ésta… lo ridículo se vincula con lo cotidiano y la exhibición de la torpeza ante situaciones sociales de estandarización de los individuos, la risa cómica tiene que ver con la distancia que el espectador guarda con el personaje o la situación. Lo ridículo involucra la crueldad donde el espectador es juez o víctima de la situación… La burla… tendría una forma específica en la crueldad y por ello sus salidas a través del asco, la tortura y el morbo. (pp. 7-9, 2016)

El lector se interesa en la observación detallada de los protagonistas, por ello, hice presente la relación entre el porno amateur y el fenómeno neomexa. En ambos el espectador del acto sexual quiere ser partícipe de la práctica ya sea por un fin de excitación o por un juicio surgido desde la burla y el asco. En ambos casos existen elementos para que el lector pueda inmiscuirse en el acto sexual.

Las relaciones sociales en la pandemia

No es necesario ahondar en análisis profundos sobre lo inmersa que está la sociedad actual en el internet, se considerará como una obviedad porque no es el punto de la investigación, mas es importante señalar desde dónde se piensa, en esta investigación, la digitalidad y las interacciones humanas. A pesar de que la relación entre el individuo y la internet estaba muy marcada antes de la pandemia, durante y después de ella la dependencia se fortaleció.

El artículo "Pandemia y sociedad: el sacrificio de la sociabilidad y la convivencia" de Mario Guillermo González y Tania Jeanine Wuest, reflexiona en torno a la convivencia humana para llegar a la conclusión de que está fuertemente influenciada por la conexión entre los cuerpos. El intercambio de ideas es clave para la convivencia, pero la corporalidad como gestos, contacto físico, lenguaje corporal, la claridad de las modulaciones de la voz y el simple hecho de ver un cuerpo otro, es el pilar de las interacciones.

En sí, los seres humanos tenemos una "inclinación natural… para compartir su espacio y su tiempo con las y los demás" (p. 86, 2022), en este sentido, se entiende la comunicación de redes sociales como un intento de convivencia real. La pantalla de un individuo aislado, aunque muestre rostros en fotografías o gestos en videollamadas, no sustituye el verdadero contacto cuerpo a cuerpo.

Al respecto, el filósofo Byung-Chul Han, en el 2014 ya había reflexionado en el concepto del enjambre y el homo digitalis. En su libro "En el enjambre", ahonda en un nuevo concepto de las masas, pues los grupos masificados de la actualidad distan mucho de los anteriores justo por la forma en que se relacionan.

Las masas del pasado se reunían en espacios hechos para ellas, como anfiteatros o estadios deportivos, en contraposición, los espacios de masas actuales son los lugares cibernéticos, los cuales no permiten una convivencia real, solo una simulación de ella. De alguna manera, se puede decir que la masa actual es más bien un enjambre digital. La masa como concepto se integra por personas, la formación de vínculos solidos es inherente a ella. Es humana porque está formada de personas relacionadas entre sí con desacuerdos e ideas compartidas.

Por otro lado, el enjambre es un conjunto de individuos similares a avispas o abejas, volando en una línea similar, pero con tareas individuales que impiden la interacción demasiado cercana de unos con otros. En el internet, los usuarios actúan de así, con el objetivo en común de la búsqueda por atención, pero desde diferentes ideas y perspectivas. En palabras de Han:

> El enjambre digital no es ninguna masa porque no es inherente a ninguna alma…. El alma es acogedora y unificante. El enjambre digital consta de individuos aislados. La masa esta estructura por completo de manera distinta… En ella, los individuos particulares se funden en una nueva unidad, en la que ya no tienen ningún perfil propio. Una concentración

> casual de hombres no es ninguna forma de masa. Por primera vez un alma o un espíritu los fusiona una masa cerrada, homogénea… Los individuos que se unen en un enjambre digital no desarrollan ningún nosotros. (p. 16)

De acuerdo con las ideas de Han, los grupos actuales de las redes, donde se popularizaron las anécdotas neomexas, son sitios de reunión sí de un grupo social, pero cuyos individuos son casuales participantes. En un espacio con más de 10 mil miembros como "Shakespeare nos escribió", es lógico pensar que no todas las aportaciones de cada uno de los integrantes serán leídas, vistas o comentadas. A eso se refiere Han cuando habla de la web como lugar de encuentros casuales y la imposibilidad del "nosotros" en esa dinámica porque, aunque existe una interacción e intercambio de ideas, no llega a solidificarse y, lo más importante, no hay una interacción social real.

Por lo tanto, hay dos escenarios de convivencia, uno real entre cuerpos y personas; y una simulación detrás de una pantalla donde hay usuarios. Los individuos de las redes son, en realidad, varios anónimos leyéndose casualmente que se perderán entre otras publicaciones y no afectarán la experiencia del otro. No dejan de ser dos individuos aislados, con direcciones distintas y sin solidez en grupos digitales que fluctúan entre ideas y convivencias inestables o fugaces.

Antes de la pandemia las relaciones entre personas físicas era la prioridad, para dejar en segundo lugar las interacciones de redes, pero con la llegada del aislamiento, las interacciones cibernéticas desequilibraron no solo la dinámica de social también la psicología en torno a ella, pues el contacto físico se convirtió en un riesgo. Si bien, la utilización de los medios digitales no fue nuevo para la época del Covid-19, la pandemia solo aceleró el proceso de dependencia a la comunicación a distancia.

El único refugio del individuo se convirtió en el internet y terminó por reforzar su unión al enjambre digital. En este sentido, se entiende el surgimiento de los relatos neomexas como una distracción de la realidad. Mas esa explicación no termina por satisfacer la pregunta del surgimiento y gusto de este tipo de narraciones, de todo el contenido que pudo surgir, ¿Por qué algo tan morboso?

Un elemento mencionado a lo largo de esta sección es la importancia del cuerpo para las interacciones humanas. Se habló de la necesidad de las personas por compartir el espacio con otros cuerpos por la comunicación de un todo que no basta con ser verbal. En ese sentido, "la sociabilidad representa el disfrute mismo de los cuerpos presentes y se expresa a través de los sentidos. De la satisfacción y el gusto por mirarse e intercambiar miradas, por hablar, escuchar y tocarse como reafirmación de un vínculo significativo" (p.88, 2022), según Wuest y González.

La corporalidad representa tanto para el ser humano que, solo tal vez, la viralización de las anécdotas neomexas sexuales fueron la respuesta a una población ya acostumbrada al internet y que no sabía cómo lidiar con una nueva realidad. Tiene sentido pensar en los relatos sexuales como una forma de tener acceso al cuerpo ajeno si se consideran otros dos ejes importantes de las interacciones en redes sociales: el actuar carnavalesco y la inestabilidad mental producto del aislamiento.

Han hablaba de una inclinación del enjambre digital por un actuar ridículo o carnavalesco, como prueba de ello existe la dinámica del meme. Para el año 2014, ya existía en redes sociales los memes, cuya intención era la identificación del individuo en una imagen que retratara algún momento cotidiano, con ayuda de la exageración para provocar la risa. De la misma forma, en YouTube circulaban ya varios videos de compilaciones de caídas o haciendo algún acto cómico para el divertimento de otros usuarios. Han reconoce esto cuando dice que el individuo del enjambre busca la atención, para él, es una actividad normal del internet. El meme o las compilaciones son ejemplos de la búsqueda de hacerse ver mediante la risa y entretenimiento.

Por otro lado, en referencia al tiempo pandémico, González y Wuest destacan lo siguiente:

> En estos meses, la mayor parte de quienes tuvieron la posibilidad de trabajar o estudiar desde su hogar, desarrollaron sus actividades en un entorno de inestabilidad física y emocional; permeado por la incertidumbre, enfermedad y exaltación constante. (p.92)

El pensar en una nueva forma de relacionarse basada únicamente en la voz, la visión limitada de una

pantalla y los mensajes de texto llevó a la población a estados inestables. Si bien, se puede argumentar que esas tres formas de conversar con el otro no carecen de la observación de la experiencia del otro porque la modulación de la voz, la visión de los gestos ajenos y el acompañamiento del texto con emojis pueden ayudar a simular la interacción cuerpo a cuerpo, no llega a ser más que eso, una simulación.

Entonces, con todo lo anterior, es factible que la popularización y gusto por la lectura de las anécdotas neomexas sexuales hayan surgido como una forma de llevar el cuerpo real a la simulación. La única forma de concebir las interacciones físicas era mediante el peligro y, llevado esto a un entorno donde lo lúdico es normal¸ con una generación acostumbrada a la banalización del sexo violento, la exageración de un cuerpo ajeno mediante las extremas prácticas sexuales es el afrontamiento de una sociedad a la que se le arrebató la convivencia real.

Conclusiones

Se puede llegar a una breve definición de los textos neomexas en las siguientes líneas: es un fenómeno de redes popularizado durante la pandemia de estructura anecdótica. Son hipertextos, anónimos o bajo seudónimos, cuyos principales temas es la comedia, la burla, el sexo violento y el terror sobrenatural. Su extensión es corta y la escritura se caracteriza por faltas ortográficas, una redacción descuidada, uso reiterado de modismo y hasta onomatopeyas.

Lo sorpresivo y aterrador de los personajes que someten sus cuerpos a prácticas zoofílicas, coprofílicas, violentas y hasta delictivas radica en la total perdida en los deseos, en la posibilidad de perder la sanidad del cuerpo por placer. Otros factores importantes son el asco y el morbo, los cuales participan como mancuerna en el lector para mantenerlo atento a la lectura mediante sensaciones desagradables. Al encontrar una lectura como “La rata con thinner” se asocia el comportamiento de los personajes cercanos a la locura y la animalización, pues la excitación a partir de los actos narrados no tiene cabida en una sociedad racional y civilizada en la que se supone vivimos. Aquí entonces, el lector tiene un papel importante como testigo juicioso: el lector se vuelve un simple observador de los extremos de las personas por su sexualidad.

A través de personajes sometidos a parafilias y delitos, el lector puede acercarse a otro cuerpo en un momento de aislamiento, lo cual lleva a teorizar sobre las razones de los usuarios para popularizar principalmente las anécdotas de índole sexual. En una generación ya acostumbrada a la banalización del sexo, y ahora sometidos a ver el cuerpo del otro como un riesgo, la única forma de mantener una convivencia humana en un espacio simulado, como los grupos de Facebook, fue mediante la lectura de esta temática.

Así pues, las anécdotas neomexas son parte de la naturaleza de las redes sociales, su necesidad por interacción y la importancia natural de las personas por el contar o decir algo a sus semejantes. Los años de la pandemia no solo alteraron la forma en que las personas se relacionaban entre sí o aceleraron el proceso de dependencia de los jóvenes a la tecnología, también han abierto la posibilidad a crear este tipo de fenómenos como una forma de afrontar una realidad difícil que, a comparación de los textos neomexas, resulta menos violenta

Bibliografía

Amaya, H., (2014). Pornografía y erotismo. Reflexiones filosóficas sobre el sujeto de deseo en la era digital. *Revista de tecnología y Sociedad*, no. 7, (año 4). Universidad de Guadalajara, México.

Barrios, L., (2016). El asco y el morbo, una fenomenología del tiempo. *Fractal,* no. 16, año. 4 (Vol. V), p. 41-60.

Downing, J., (2010). *Nanomedios de comunicación: ¿Medios de comunicación comunitarios? ¿O de red? ¿O de movimientos sociales? ¿Qué importancia tienen? ¿Y su denominación?* Carbondale.

González, G. y Wuest, T., (2011). Pandemia y sociedad: el sacrificio de la sociabilidad y la convivencia. *Política y cultura*, julio-diciembre (58), pp. 79-96.

Han, B., (2014). En el enjambre: *En el enjambre*, España, pp. 15-21.

Lamarca, M., (2018). Del texto al hipertexto. *Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen*, [tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid.

Ogien, R., (2005). ¿Por qué resulta tan difícil definir la pornografía? *Antropología de la pornografía*. Paidós, pp. 47-61.

Peña, E., (2012). La pornografía y la globalización del sexo. *El Cotidiano*, julio-agosto, no. 174, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, pp. 47-57.

Ramirez, O., comp., (2022). *La rata con Thinner y otras anécdotas de la sociedad latinoamericana actual*.

Suárez, J., (2020). Escala territorial-global. *Arquitectura del porno web*, [tesis de maestría]. Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 13-37.

Mujeres emprendedoras, vida privada y participación laboral

Un análisis de regresión para México

Universidad Autónoma de Querétaro

María Fernanda Torres García
(mtorres44@alumnos.uaq.mx)
Beatriz Rosas Rodríguez
(Beatriz.rosas@uaq.mx)
Enrique Leonardo Kato Vidal
(enriquekato@uaq.mx)

Abstract

The subjective well-being (SWB) can tell us how good is the life of the people, by weighting the level of satisfaction in different areas. In women's daily life, the labor constitutes a very significant variable for their SWB. The principal objective is to know which are de women's motivations to increase their labor level or start their own business. Using the survey INEGI-Survey on Subjective Well-Being Self-Reported we found that A city will have a higher percentage of businesswomen depending on the entrepreneurs' own and nearby negative events, as well as their schooling level and marital status. Which lead us to think that they turn into entrepreneurs of necessity and not by a genuine desire.

Resumen

El bienestar subjetivo (BS) puede decirnos que tan bien esta la vida de las personas, al medir el nivel de satisfacción en diferentes áreas. En la vida diaria de las mujeres, el trabajo constituye una variable significante en su BS. El principal objetivo es conocer qué motiva a las mujeres a aumentar su nivel laboral o bien emprender su propio negocio. Utilizando la encuesta INEGI-Encuesta de Bienestar Autorreportado, se encontró una ciudad tendrá más porcentaje de mujeres empresarias dependiendo de los eventos negativos propios y cercanos de las emprendedoras, así como el grado de escolaridad y la situación conyugal. Lo que nos lleva pensar que se convierten en emprendedoras por necesidad y no por un genuino deseo.

Palabras clave

Bienestar subjetivo, Mujeres, Emprendedoras, Movilidad laboral
Subjective Well-being, women, entrepreneurs, Labor mobility

Introducción

Una pregunta constante es qué tan satisfecho estamos con nuestras vidas. La respuesta podría reducirse a responder: mucho o quizá poco. Es necesario indagar cómo se construyen estas valoraciones y si son fiables las escalas como los investigadores las miden. Para responder a estas interrogantes, hay que comenzar diciendo que la satisfacción puede verse de una manera única e individual. Por ello, una de las métricas útiles podría ser el bienestar subjetivo. La definición más usada del concepto de bienestar subjetivo lo define como un constructo dividido en tres componentes. En primer lugar, incluye una evaluación cognitiva global de la vida de un individuo que puede denominarse satisfacción con la vida; en segundo lugar, incluye efectos positivos -la experiencia de emociones placenteras-, y tercero, como ausencia de efectos negativos (Diener, 1984).

Para lograr una sensación de bienestar se requiere de un entorno vital para los individuos. Así, una evaluación del bienestar requiere involucrar el empleo y la situación laboral, ya que ésta es una base para el desarrollo de la calidad de vida. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística (INEGI, 2024), en el primer trimestre del 2024 hubo 60.7 millones de personas económicamente activas (PEA), lo porcentualmente equivale a una la tasa neta de participación laboral del 60.5 por ciento.

Para algunas personas trabajar dentro de empresas establecidas significa seguridad económica y

estabilidad; mientras que para otras autoemplearse puede ser una mejor opción, son varios los factores influyentes su decisión de trabajo que puede residir en que los empresarios son capaces de alcanzar un nivel de vida relativamente alto de lo que indican las actuales medidas convencionales de ingresos (Carter.S.2011), además, no sólo por las recompensas financieras de ayudar a la economía familiar, sino también por razones más fundamentales, principalmente, un sentido de identidad propia y los desafíos que conlleva su puesto. (Grant-Vallone & Ensher, 2011). Esto podría verse como el impulso de crecer y escalar laboralmente dentro del ámbito al que decidan dedicarse, sentirse independiente y autosuficiente al generar y administrar sus propios ingresos y buscar mejorar mediante el continuo aprendizaje y actualización de sus conocimientos.

Las recompensas indirectas que ofrece el trabajo pueden percibirse de manera diferente para los hombres como para las mujeres. Los primeros encuentran la oportunidad de lograr un mejor equilibrio entre vida laboral y el tiempo de recreación. Mientras que, para las segundas, quienes comúnmente se encargan de atender las actividades del hogar y el trabajo de cuidados, la flexibilidad de horarios les brinda una forma de ordenar las actividades laborales y las familiares (Parasuraman y Simmers 2001; Johansson Sevä, I., Vinberg, S., Nordenmark, M., & Strandh, M, 2016).

Al decidir comenzar un nuevo proyecto puede haber dos tipos de motivaciones, las que llevan al individuo a superarse a sí mismos mediante el uso de incentivos o recompensas por ganar, un ejemplo podría ser financiero, la aspiración de convertirse en una persona más adinerada o con mayor vida social; y las motivaciones que son influenciadas por situaciones externas, como una recesión o la pérdida de un empleo. (Fayolle et al., 2014; Marks, S, 2022)

Comprender cuáles son las motivaciones de las mujeres autoempleadas nos podría ayudar a hacernos una idea de cómo mejora su nivel de vida tanto en la situación presente como en el paso de las generaciones. Además, existe un acuerdo cada vez mayor de que el espíritu empresarial puede generar soluciones a una amplia gama de problemas sociales y crear riqueza económica (Austin et al., 2006; Dacin et al., 2010, 2011; Marks, S, 2022).

Se busca conocer mejor cuáles son esos factores que llevan las mujeres a buscar un trabajo de manera independiente y mejorar su educación, para generar una mayor percepción de su bienestar.

Método

Se propone que en la vida de las mujeres lo que puede llevarlas a tener un sentimiento de mayor satisfacción y realización, puede ser tener el control de sus propios ingresos y obtener un mayor nivel educativo que la generación previa a ellas.

Motivaciones para un trabajo independiente: Las mujeres pueden llegar crear su propia fuente de empleo motivadas por diversos factores que las impulsan a lograr este objetivo. Como hipótesis las variables que pueden llevar a las mujeres a este trabajo independiente pueden ser:

- Algún evento negativo en su vida o en la de alguna persona cercana
- Están a cargo del cuidado de otras personas
- Deben cubrir los gastos necesarios para la subsistencia
- Su formación profesional está enfocada en la creación de negocios

Motivación para un mejor trabajo que sus padres: Históricamente las mujeres han tenido mayores complicaciones para lograr avanzar en sus estudios, por lo que lograr el objetico de tener mayor grado de educación que sus padres podría darles una mayor satisfacción a sus vidas. El resultado de este logro puede ser gracias a las siguientes variables:

- Tener estudios superiores como licenciatura o un posgrado
- Realizar sus estudios en alguna institución privada
- Contar con una red de apoyo

Los datos fueron tomados de la Encuesta Nacional de Bienestar Autorreportado (ENBIARE) 2021,

su objetivo es de disponer de resultados estadísticos sobre el tema de bienestar subjetivo en México y con el fin de avanzar hacia la consolidación, como datos oficiales, de las valoraciones que la propia población adulta está haciendo sobre su calidad de vida y lo que importa en ella. (INEGI 2021)

De acuerdo al informe metodológico de la encuesta los datos fueron tomados a personas adultas de 18

años cumplidos o más, donde las personas debían responder a preguntas que refieren a diferentes periodos de su vida. La encuesta fue diseñada para recopilar datos de todo el territorio nacional, al tomarse muestras 37 000 viviendas de las diferentes entidades federativas, distribuidas de manera homogénea entre las coordinaciones estatales.

La encuesta ENBIARE nos presenta una serie de preguntas de diferentes áreas donde los encuestados deben responder el grado de satisfacción, del 0 al 10 donde los valores del 0 al 4 significa "insatisfecho", del 5 al 6 "poco satisfecho", del 7 al 8 "moderadamente satisfecho y del 9 al 10 "satisfecho"; que tienen de acuerdo a su propia percepción de cada rubro solicitado. Para continuar con la medición de la satisfacción de las mujeres se tomó únicamente las respuestas que estaban dentro del rango de 7 al 10 de satisfacción que corresponden a los grupos "moderadamente satisfecha" y "satisfecha" ya que estos grupos son los que tienen un mayor grado de satisfacción.

Las variables utilizadas fueron tomadas directamente de las respuestas presentadas en la encuesta ENBIARE, para su selección se buscó que las variables estuvieran relacionadas con el contexto de vida que presentan las mujeres y con las áreas a analizar.

Mientras que las variables explicativas están conformadas por diferentes respuestas que o bien impulsan a las mujeres a cumplir los objetivos financieros y profesionales o pueden representar de alguna manera herramientas que les ayuden a su bienestar subjetivo. En la tabla 1 se mostrarán las variables utilizadas, así como el código que se le asigno:

Tabla 1 Descripción de las variables

Variable	Descripción
Cohabenf_si	Cohabita con personas con alguna enfermedad
Conparej_sibuena	Con una buena relación de pareja
cony_casad	Se encuentra casado(a)
Cubrirmes_si	Podrá cubrirlo el próximo mes
Cuido_si	Cuidó o atendió en casa a personas que no pueden valerse por sí mismas
domest_si	Cuenta con servicio doméstico
edu_lic	Estudio una Licenciatura y/o posgrado
Escpriv_si	Ha cursado en escuela privada
Eventneg_si	Sufrió eventos negativos
Eventnegcerc_si	Alguien cercano tuvo eventos negativos
Generoso_si	La ha practicado actos generosos
Nivlab_may	Un nivel laboral mayor al de sus padres
Ocup_indep	Se encuentra ocupado laboralmente de manera independiente
Ocup_recup	Perdió un trabajo o negocio, pero lo recuperó
Partcom_si	Tiene participación en su comunidad
redapoyo_si	Cuenta con red de apoyo
Redes_si	Se comunica o expresa en redes sociales

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI-ENBIARE

Los datos de la encuesta están presentados en número de encuestados por estado, para su mejor tratamiento se calculó el porcentaje de mujeres tomando el número de mujeres moderadamente satisfechas o satisfechas por entidad federativa con respecto al total de las mujeres. Por lo que la muestra se compone un total de y los dos niveles de satisfacción.

Dentro del modelo que se busca crear, las dos variables objetivo serán el porcentaje de mujeres que están ocupadas de manera independiente y el porcentaje de mujeres que consideran que tienen un mayor nivel de educación que sus padres (2431 Y 2531 mujeres respectivamente), como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Estadística descriptiva [% de mujeres]

	Promedio			Desviación estándar			C.V.
Independiente	moderadamente satisfecho	satisfecho	Total	moderadamente satisfecho	satisfecho	Total	
Ocup_indep	2.093	2.769	2.431	1.929	2.222	2.092	86%
Nivlab_may	1.749	2.954	2.351	1.280	2.277	1.930	82%
domest_si	1.685	3.183	2.434	2.015	2.429	2.339	96%
edu_lic	1.836	3.248	2.542	1.626	2.483	2.200	87%
cony_casad	1.547	3.011	2.279	1.055	2.091	1.801	79%
redapoyo_si	1.732	2.989	2.361	1.246	2.163	1.862	79%
cuido_si	1.805	2.853	2.329	1.556	2.475	2.118	
redes_si	1.835	3.010	2.423	1.465	2.427	2.075	86%
Nivel laboral mayor							
Ocup_indep	2.417	3.115	2.766	2.935	4.536	3.806	
prest_si	1.865	2.398	2.131	1.335	1.985	1.699	
Cubrirmes_si	1.638	3.161	2.400	1.206	2.232	1.938	81%
Eventneg_si	1.893	2.650	2.272	1.497	2.012	1.800	79%
Eventnegcerc_si	1.835	2.760	2.297	1.358	2.119	1.826	79%
Cohabenf_si	1.939	2.850	2.395	1.593	2.361	2.050	86%
Partcom_si	1.404	2.625	2.014	1.115	1.456	1.426	
Generoso_si	1.618	2.783	2.200	1.030	1.825	1.583	
Conparej_sibuena	1.560	3.217	2.389	1.125	2.525	2.111	
Escpriv_si	1.880	3.251	2.566	1.553	2.667	2.273	89%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI-ENBIARE

Para encontrar cuáles de las variables seleccionadas son las que tienen un mayor impacto en las variables objetivo se eligió realizar un modelo.
Por el tipo de datos, el método de Mínimos Cuadrados fue el utilizado, donde se busca encontrar las variables con un menor p-valor, que es el que nos indica que se produzca el resultado observado. La especificación final para las dos variables estimadas fue

$$[1] \quad Y_i\% = \alpha_0 + \alpha_1 COHABENEF_SI + \alpha_2 CONY_CASAD + \alpha_3 ESCPRIV_SI + \alpha_4 EVENT_NEG_SI + \alpha_5 EVENTNEGCERC_SI + \alpha_6 REDAPOYO_SI + \epsilon_i$$

donde $Y_i\%$ es el porcentaje de mujeres trabajadores independientes, i es un índice para cada una de los 32 estados, y ϵ es un error aleatorio.

$$[2] \quad Z_i\% = \beta_0 + \beta_1 CONY_CASAD + \beta_2 CUBRIRMES_SI + \beta_3 CUIDO_SI + \beta_4 DOMEST_SI + \beta_5 EDU_LIC + \beta_6 ESCPRIV_SI + \beta_7 EVENTNEG_SI + \beta_8 EVENT_NEGCER_SI + \beta_9 REDES_SI + \varepsilon_i$$

donde $Z_i\%$ es el porcentaje de mujeres que declaran tener mayor movilidad laboral que sus padres y ε es el error aleatorio de la ecuación.

Se realizarán 3 pruebas para encontrar las variables con mayor significancia, en las columnas a) y d) se descartaron los valores que tenían una significancia mayor a 0.7 y para las columnas b) y e) se descartaron los valores con una significancia mayor a 0.3; para el cálculo final se tomaron los valores con una significancia menor a 0.2 con un ponderador.

Resultados

Los resultados expuestos a continuación nos muestran las variables que tienen mayor relevancia tras las diferentes pruebas que se realizaron a los datos. Después de hacer el análisis, se tomaron las cuatro variables que comparten ambos análisis, estas son los eventos negativos propios, los eventos negativos de personas cercanas, si la mujer está casada y si realizó algún grado educativo en una educación privada. Para posteriormente revisar su correlación parcial con el fin de conocer si la correlación obtenida en el modelo multivariado es producida por las demás variables o si se puede atribuir a cada variable x de manera independiente. Se encontró que las variables más significativas son los eventos negativos tanto los propios como los de personas cercanas.
Podemos observar que, como se expuso en la hipótesis, uno de los factores que impulsan a las mujeres a realizar trabajo de forma independiente son los eventos negativos que hay en sus vidas, esto puede definirse como emprendedores por necesidad, que sería aquellos que existen unas circunstancias desfavorables aquellas que debido a sus circunstancias desfavorables se vieron forzados a ser empleadoras, incluso en contra de su propia voluntad. Lo que suele denominarse como motivaciones «push», frente a las motivaciones «pull» (Shapero y Sokol, 1982; Verheul et al., 2010, Alvarez-Sousa, 2019). Mientras que a los eventos negativos desincentivan a las mujeres a continuar con sus carreras profesionales. En cuanto al efecto de los eventos negativos vividos por personas cercas, suponemos que estos vínculos podrían ser sus familias, parejas o hijos, as ser vínculos tan cercanos, podríamos suponer que emprender podría ayudarlos a sobreponerse ante la necesidad, y se puede observar que el porcentaje significativa (ver columna c) en la tabla 3). Sin embargo, sí hay una correlación positiva entre el porcentaje de nivel laboral con porcentaje de eventos negativos cercanos (ver columna f) en la tabla 3).

Por otro lado, las variables sobre la educación resultaron ser bastante significativas en el análisis de mayor nivel de laboral en las mujeres, la variable de escuela privada nos indica que la persona estudio algún nivel de escolaridad en instituciones privadas. Con esto las mujeres tendrían mayores oportunidades de conseguir mejores empleos, donde se desplazaría a los egresados de educación pública al autoempleo. No obstante
La última variable sería el estado civil de las mujeres, en este caso su condición de casadas, para el análisis de la movilidad laboral, se ve un ligero efecto positivo que se podría interpretar como un apoyo que las mujeres reciben de sus parejas motivándolas a seguir creciendo laboralmente. En cambio, para el análisis del porcentaje de mujeres independientes el efecto es negativo debido a que por las grandes

responsabilidades que implican volverse trabajadora independiente junto con los trabajos de cuidados que realizan las mujeres en el hogar, podría ser más difícil de realizar si se encuentran casadas.

Conclusiones

En este informe se estudió cómo afecta al bienestar subjetivo de las mujeres a su situación como trabajadoras independientes: dueñas de su negocio y trabajadoras por cuenta propia.

A lo largo del análisis se incluyeron diversas variables explicativas disponibles en la encuesta; eventualmente dos de ellas se convirtieron en la parte central de los resultados (*v. gr.* Eventos negativos propios y Eventos negativos de personas cercanas).

Estas variables explicativas de eventos negativos -útil en nuestros resultados- no es comúnmente usada en la literatura. A pesar de ello, consideramos que hay coincidencia entre nuestros hallazgos y lo descrito por otros autores. La autora Prasiska nos dice que la existencia de un soporte social puede incrementar la productividad caracterizada por la calidad del racionamiento, la satisfacción laboral y la reducción del impacto del estrés laboral (Johnson &Johnson, 1991; N. N. A. Prasiska, H. Hudaniah y D. Andriany 2024); por lo que al no contar con un soporte social y por el contrario resolver problemas de este grupo podría contribuir a disminuir la motivación sobre su propio bienestar.

Nos sorprendió que con los eventos negativos propios el porcentaje de mujeres que deciden convertirse en emprendedoras aumentó y su crecimiento laboral disminuyo. En cambio, observamos que los eventos negativos que ocurren a personas cercanas a las emprendedoras afectan considerablemente la posibilidad de continuar su actividad en los negocios y prefieren buscar empleos que les brinden una mayor seguridad laboral. Esta evidencia pudiera explicarse por dos motivos, el primero sería a partir de la bondad, es decir, de que muchas estarían dispuestas a abandonar sus negocios para permanecer cerca de sus familiares; y el segundo sería que al existir un evento negativo propio como una enfermedad se puede estar sin empleo o se requiere de flexibilidad laboral y por eso sería menos posible crecer laboralmente. Mientras que cuando existen eventos negativos de familiares, podrían volverse un motivador para al ya contar con la seguridad de un trabajo, se busca ascender laboralmente.

Uno de los principales hallazgos es que existe una alta relación entre la condición de mujeres empresarias con eventos negativos propios o cercanos a ellas. Esto significa que posiblemente se trate de mujeres que hayan elegido su actividad como empresarias no como primera opción sino por necesidad. En este sentido, quizá su primera opción hubiera sido tener un empleo remunerado, en vez de un negocio propio.

Idealmente, serían útil políticas públicas para ofrecer alternativas a las mujeres para evitar que se conviertan en emprendedoras por necesidad. Por ejemplo, ofreciendo esquemas laborales flexibles para quienes así lo requieran, seguro de desempleo y una mayor red de sistemas de cuidados.

Entre las limitaciones destacamos dos: 1) nos hubiera gustado profundizar en la fecha y el tipo de eventos negativos que reportaron las encuestadas. Esa información no está disponible porque no se recopiló en la cuenta, y 2) al explorar la fecha de ocurrencia de los eventos sería posible establecer vínculos de causalidad entre los eventos y su condición como emprendedora. Dada la ausencia de esa información, nuestros resultados se reportaron como correlaciones y no como evidencia de causa-efecto.

En la encuesta están disponibles un número amplio de variables. El análisis se podría mejorar explorando muchas más variables que no se incluyeron en las regresiones. Ello serviría para identificar otros factores explicativos, incluso con mayor capacidad predictiva.

Otra posible línea de investigación hacia delante sería intentar probar la hipótesis de remuneración no monetaria, la cual consiste en que algunas mujeres se convierten en sus propias jefas dada la reputación, la autonomía e incluso la capacidad de equilibrar su vida personal con la vida laboral.

Referencias

Alvarez-Sousa, A. (2024). *Emprendedores por necesidad. Factores determinantes*. Reis, 166, 3–24. https://doi.org/10.5477/cis/reis.166.3

Carter, S. (2011). *The rewards of entrepreneurship: Exploring the incomes, wealth, and economic well–being of entrepreneurial households. Entrepreneurship Theory and Practice*, 35(1), 39–55. https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2010.00422.x

Diener, E. (1984). *Subjective well-being. Psychological Bulletin*, 95(3), 542–575. https://doi.org/10.1037//0033-2909.95.3.542

Grant-Vallone, E. J., & Ensher, E. A. (2011). *Opting in between: Strategies used by professional women with children to balance work and family*. Journal of Career Development, 38(4), 331-348. https://doi.org/10.1177/0894845310372219

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s/f). Publicaciones y mapas. *Encuesta Nacional de Bienestar Autorreportado 2021, Informe Operativo y de procesamiento*. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463903635

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s/f). *Empleo y ocupación*. Org.mx. Recuperado el 3 de junio de 2024, de https://www.inegi.org.mx/temas/empleo/

Johansson Sevä, I., Vinberg, S., Nordenmark, M., & Strandh, M. (2016). *Subjective well-being among the self-employed in Europe: macroeconomy, gender and immigrant status. Small Business Economics*, 46(2), 239–253. https://doi.org/10.1007/s11187-015-9682-9

Layard, R., & De Neve, J. E. (2023). *Wellbeing. Cambridge University Press*

N. N. A. Prasiska, H. Hudaniah y D. Andriany, "*The role of husband support on subjective well-being in working mothers*", J. Ilm. Psikol. Terap., vol. 12, n.º 1, pp. 39–45, enero de 2024. Disponible: https://doi.org/10.22219/jipt.v12i1.30784

Mark L. Sarah. *Does Entrepreneurship Pay for Women? A social positioning investigation of entrepreneurial rewards*. 2022.

Anexo

Tabla 3 Coeficientes estimados

	Independientes			Mayor nivel laboral		
Variables	a)	b)	c)	a)	b)	c)
COHABENEF_SI	0.2078	0.1771	0.1085	0.5852	0.5888	
	(0.222565)	(0.20328)	(0.181240)	(0.0865842)	(0.083726)	
CONPAREJ_SIBUENA	0.6232	0.5407		0.7429	0.7433	
	(0.3091657)	(0.280927)		(0.1202744)	(0.11898686)	
CONY_CASAD	0.2948	0.1828	0.0745*	0.1982	0.1610	0.0411*
	(0.2268502)	(0.19991)	(0.140310)	(0.0882512)	(0.0778196)	(0.051081)
CUBRIRMES_SI	0.7908			0.0402	0.3659	0.0109*
	(0.2323483)			(0.0903902)	(0.0891114)	(0.05757)
CUIDO_SI	0.5776	0.4923		0.0710	0.0684	0.0109*
	(0.2187669)	(0.204422)		(0.0851066)	(0.0838451)	(0.070503)
DOMEST_SI	0.6656	0.6674		0.1144	0.1107	0.0658
	(0.063805)	(0.061525)		(0.0248219)	(0.0243557)	(0.021796)
ESU_LIC	0.6371	0.6618		0.1696	0.1648	0.0287*
	(0.1675556)	(0.133862)		(0.0651839)	(0.0636182)	(0.051886)
ESCPRIV_SI	0.3764	0.3856	0.0839*	0.0313	0.0281	0.008**
	(0.1620458)	(0.156905)	(0.113438)	(0.0630405)	(0.0620886)	(0.055606)
EVENTNEG_SI	0.0000	0.0000	0.0000	0.2523	0.2492	0.1112
	(0.34160071)	(0.308673)	(0.227170)	(0.132895)	(0.130499)	(0.100117)
EVENTNEGCERC_SI	0.0018	0.0011	0.0001***	0.0157	0.0147	0.018*
	(0.3782235)	(0.353908)	(0.313155)	(0.141699)	(0.1454713)	(0.123018)
GENEROSO_SI	0.6239	0.6088		0.6344	0.6397	
	(0.2842101)	(0.260090)		(0.1105659)	(0.1055635)	
OCUP_RECUP	0.7125	0.4885		0.6862	0.6581	
	(0.0717025)	(0.056900)		(0.278943)	(0.0269506)	
PARTCOM_SI	0.4622	0.4496		0.6903	0.6629	
	(0.1379761)	(0.105718)		(0.0536766)	(0.0519106)	
REDES_SI	0.7694			0.0114	0.0028	0.0000
	(0.8713067)			(0.3389634)	(0.2764371)	(0.149616)
REDAPOYO_SI	0.5461	0.3610	0.0384*	0.9114		
	(0.5570854)	(0.439201)	(0.252994)	(0.2167223)		

* $P \leq 0.05$
** $P \leq 0.01$
*** $P \leq 0.001$

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI-ENBIARE

ELECCIONES 2024: VOTO DE LAS PERSONAS EN PRISIÓN PREVENTIVA

Autoras: Esmeralda González Pérez (egonzalez97@alumnos.uaq.mx), Dafne Ximena Hernández Ruiz (dhernandez282@alumnos.uaq.mx).

Asesor: Leonardo Senén Cabello Álvarez (leonardo.cabello@uaq.mx).

Universidad Autónoma de Querétaro – Facultad de Derecho.

Resumen

A partir del año 2018 en México, el tema del derecho al voto de las Personas en Prisión Preventiva (PPP) tomó gran relevancia. Debido al pronunciamiento del Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación (TEPJF) ante el juicio promovido por dos PPP que exigían ejercer su derecho al voto. De dicha controversia surgió la disputa de lo que implica ser sujeto del principio de presunción de inocencia, el cual es conferido a las PPP. De dicha controversia se emitió sentencia que ordenó al Instituto Nacional Electoral (INE) a que, en medida de sus funciones realizará las actuaciones pertinentes para garantizar y ejercer el derecho al voto de las PPP.

De tal manera que, en mayo de 2024 se llevó a cabo el voto anticipado de las PPP en todos los Centros Penitenciarios en toda la República Mexicano. Sin embargo, es importante preguntarnos ¿cuáles son las condiciones del ejercicio del derecho al voto de las PPP en el Estado de Querétaro en las elecciones de 2024? Para dar respuesta a esta pregunta ha sido fundamental describir y analizar el ejercicio del derecho al voto de las PPP en el Estado de Querétaro de este año. Siendo fundamental emplear durante esta investigación un enfoque cualitativo de corte documental por medio de un alance exploratorio-descriptivo.

Por lo que, podemos decir que, la reclusión no debe de ser sinónimo de exclusión, sino más bien objeto de atención y actuación por parte del Estado mediante los órganos encargados de garantizar el pleno ejercicio de los derechos humanos.

Palabras clave: derecho al voto, prisión preventiva, derechos sociales.

Abstract

As of 2018 in Mexico, the issue of the right to vote of Persons in Pretrial Detention (PPP) took great relevance. Due to the pronouncement of the Electoral Tribunal of the Judiciary of the Federation (TEPJF) before the lawsuit promoted by two PPP who demanded to exercise their right to vote. From this controversy arose the dispute of what it means to be subject to the principle of presumption of innocence, which is conferred to PPP. From said controversy, a judgment was issued in which the National Electoral Institute (INE) was ordered to carry out the pertinent actions to guarantee and exercise the right to vote of the PPPs, in accordance with its attributions.

Thus, in May 2024, the early voting of PPPs was carried out in all the Penitentiary Centers throughout the Mexican Republic. However, it is important to ask ourselves, what are the conditions for PPP to exercise their right to vote in the State of Querétaro in the 2024 elections? To answer this question, it has been essential to describe and analyze the exercise of the right to vote of PPP in the State of Queretaro this year. Being fundamental to employ during this research a qualitative approach of documentary cut through an exploratory-descriptive scope.

Therefore, we can say that incarceration should not be synonymous with exclusion, but rather the object of attention and action by the State through the bodies in charge of guaranteeing the full exercise of the human rights.

Introducción

Desde el año 2018, en México, el derecho al voto ha sido un tema controversial en cuanto a su ejercicio por parte de las Personas en Prisión Preventiva (PPP). El

02 de junio de 2024 se llevaron a cabo elecciones federales y locales. Siendo el voto un derecho nacido en la primera generación de derechos o "libertades clásicas", indudablemente ha pasado por un interesante proceso evolutivo, en el que el Estado ha jugado un papel clave adaptando las normas que lo rigen y su aplicación. La Magna Charla Libertatum, firmada por el Rey Juan sin tierra, y originada en Inglaterra, es el documento que contempla las libertades clásicas, mismo donde se decretan las garantías individuales y el primer lugar en que se reconocen formalmente los derechos humanos (Alponte, 2012, pág. 92). Estando entre ellos el derecho al voto, bajo la premisa de que el poder no radica en una sola persona.

Ahora, si hablamos de antecedentes del voto, debemos mencionar la insaculación en Grecia; misma que consistía en un procedimiento aleatorio e imparcial de selección de los ciudadanos que desempeñarían cargos para comités y para ser jurados (Instituto Nacional Electoral [INE], 2024). Figura que aunque se reconoce como herramienta en la implementación de la democracia, en la época era exclusiva para hombres mayores de 20 años (González, 1996, pág. 20). Para el siglo XIX, después de las revoluciones burguesas, surge el derecho al voto, siendo conferido en las declaraciones del Bill of Rights (Linera, 2012, pág. 111) y principalmente en dos teorías dentro de la Constitución Francesa de 1791 y de 1793. En la primera teoría se entiende el sufragio como función política, destinada a expresar la voluntad de la Nación, pudiendo ser desarrollada por ciudadanos que cumplieran ciertas condiciones y siendo conocida como sufragio restringido. A diferencia de esta, la segunda teoría hablaba del sufragio como derecho, mencionando que la soberanía es derivada de la condición de ciudadano, por lo tanto era un derecho derivado de su propia condición ciudadana, reconocida universalmente sin condición ni perjuicio (Muñoz, 2014, págs. 165, 166).

Por esta razón, el sufragio comienza a considerarse como ambas cosas; un derecho humano y una función pública (Muñoz, 2014, pág. 167). Hay que tomar en cuenta que existen dos formas de voto; el directo, que funge como derecho humano siendo intransferible; y el indirecto, siendo este la designación de una representación para que dichos representantes elijan a los funcionarios de mayor jerarquía. En el territorio mexicano durante 1812 surge como voto indirecto. El sufragio limitaba a quienes estuvieran procesados criminalmente según la Constitución Política de la Monarquía Española, misma que crea un antes y después en la historia del país (Palacios Alcocer, y otros, 2024, pág. 29). De acuerdo con la historia mexicana, es a raíz de la caída del Imperio de Agustín de Iturbide, en 1824 que, el pueblo pedía elecciones libres y directas. Para la promulgación de la constitución de 1857, se restablece un Estado Federal, el cual intenta se reconozca derechos con perspectiva de "ser humano" sin embargo, el voto se concebía como una prerrogativa ciudadana otorgada por el Estado, lo que significa que era un derecho conferido derivado de un cargo, función o estatus social (González Oropeza & Del Rosario Rodríguez, 2015, pág. 39).

De esta constitución deriva la creación de la primera Ley Orgánica Electoral, donde se especificaba y regulaba la conformación de las juntas electorales junto con las prerrogativas de los ciudadanos mexicanos para votar y ser votados en elecciones populares, y aunque el voto seguía siendo indirecto, ya se tenía la sustancia de los procedimientos y la normativa electoral (Montiel, pág. 159). Luego del movimiento revolucionario en contra del dictador Porfirio Díaz, Francisco I. Madero plantea en 1916 la discusión del voto directo para que este se logrará establecer en la nueva constitución federal.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (en adelante CPEUM) de 1917, otorga por primera vez el concepto de derechos políticos dentro de su artículo 5º, y reconoce, en su artículo 39, que la soberanía nacional reside en el pueblo. Para 1918, dentro de la Ley para Elecciones de Poderes Federales, se establece la no reelección y el voto directo, marcando así los principios bajo los que opera el derecho al voto (Piedra, 2007, pág. 31). Eventualmente, en 1936, se emite la Ley Constitucional de los Derechos y Obligaciones de los Mexicanos y habitantes de la República, donde se contenía la suspensión de los derechos del ciudadano

por causa criminal, y la perdida de los mismos una vez impuesta una sentencia judicial (Palacios Alcocer, y otros, 2024, pág. 29).

En 1947, se modificaría el artículo 115 constitucional, el cual permitiría la participación de las mujeres como votantes y candidatas en igualdad de condiciones que los varones. No es hasta ocho años después que las mujeres ejercen su derecho al voto por primera vez (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2019). El Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación (TEPJF) se crea en 1996, y en 2014 surgen la Ley General de Instituciones y Procedimientos Electorales (LGIPE), así como el Instituto Nacional Electoral (INE), siendo este último, hasta la fecha, un órgano autónomo en materia electoral, debiendo de ser imparcial para evitar elecciones fraudulentas y velar por el derecho al voto de todo ciudadano mexicano.

Ahora bien, México es una república representativa, democrática, laica y federal, siendo el mismo pueblo quien se constituyó como tal según el artículo 40 constitucional. Se debe tomar como punto de partida la democracia para comprender porque es relevante el derecho al voto en el país. Siendo este un sistema de organización político-social en la que el pueblo participa para el nombramiento de sus gobernantes (Fernández, Ripa Alsina, & Salum Alvarado, 2009, pág. 259), tomando decisiones que traen consigo consecuencias de cualquier tipo y en diversos ámbitos, requiriendo un sistema jurídico y una administración pública que aporte al crecimiento y evolución de la sociedad, y teniendo el objetivo de crear, proteger, garantizar y respetar los derechos humanos.

La democracia mexicana se asume que es libre y soberana; no obstante, existen situaciones en las que usualmente se limita, siendo uno de los casos el de las Personas Privadas de la Libertad (PPL). En el derecho penal quienes cumplen con una sentencia que trae consigo pena punitiva. Dentro de las penas encontramos la privativa de la libertad, que tal como lo establece el artículo 38 constitucional, limita el ejercicio de los derechos civiles y políticos. Este mismo artículo es el que menciona las causas de la suspensión de derechos y prerrogativas de los ciudadanos mexicanos.

Sin embargo, existen dos tipos de prisión en el país; la punitiva y la preventiva. La prisión punitiva se emplea como cumplimiento de una sentencia y se establece según los criterios que emita el juez conforme a la ley vigente. Mientras que, la prisión preventiva es una medida cautelar utilizada como último recurso para que se lleve a cabo de manera efectiva el procedimiento penal. La prisión preventiva se encuentra establecida en el art. 115 del Código Nacional de Procedimientos Penales (en adelante CNPP) y en el artículo 19 de la CPEUM.

Dentro de la CPEUM, en su artículo 20 apartado B, fracción I, se confiere el principio de presunción de inocencia como derecho de las personas imputadas que se encuentran sujetas a un procedimiento penal. Al tener una sentencia firme, se pierde la calidad de inocente, reconociendo su culpabilidad penal ante los órganos jurisdiccionales, teniendo una serie de limitaciones que versan sobre lo que puede o no hacer el sentenciado. Por otro lado, las PPP son internas de un Centro Penitenciario (en adelante CP) por la posible comisión de un delito, pero que aún no han sido juzgadas, y tampoco sentenciadas, manteniendo la calidad de inocentes (Rovatti, 2021, pág. 434). Siendo un principio que también se encuentra en el artículo 11 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la TEPJF ha ordenado al INE implementar lo necesario para garantizar el derecho al voto activo de las PPP, abordando el principio de progresividad y no regresividad, contenido en el artículo 1 de la CPEUM sobre los derechos humanos.

No basta con tener plasmados los derechos humanos en una ley, sino que se requiere hacerlos una realidad social, es decir, materializarlos. Varias personas a lo largo de los años han hecho valer su derecho electoral estando sujetas a un proceso penal. Esto llevó a que en 2005 se emitieran precedentes que darían origen a la jurisprudencia I.6o.P. J/17 de rubro: SUSPENSIÓN DE DERECHOS POLÍTICOS. ES IMPROCEDENTE DECRETARLA EN UN AUTO DE SUJECIÓN A PROCESO, EN TÉRMINOS DE LO DISPUESTO EN LA FRACCIÓN II DEL ART.

38 DE LA CONSTITUCIÓN FEDERAL (Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. Tribunales Colegiados de Circuito., 2008, agosto. Tomo XXVIII.). En esta jurisprudencia se interpreta el artículo 46 del Código Penal Federal, donde se establece que la suspensión de derechos político-electorales comenzaba a partir de tener una sentencia firme.

Surgiendo también la tesis aislada I.10o.P.20 P de rubro: SUSPENSIÓN DE DERECHOS POLÍTICOS DEL INCULPADO. LA RESOLUCIÓN DEL JUEZ INSTRUCTOR QUE LA ORDENA DESDE EL AUTO DE FORMAL PRISIÓN, VULNERA LAS GARANTÍAS CONTENIDAS EN LOS ARTÍCULOS 14, TERCER PÁRRAFO, Y 16, PRIMER PÁRRAFO, AMBOS DE LA CONSTITUCIÓN FEDERAL (Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. Tribunales Colegiados de Circuito., 2005, septiembre. Tomo XXII.) En esta tesis se menciona como la presunción de inocencia opera hasta demostrar lo contrario, refiriéndose al término del procedimiento con una sentencia firme y ejecutoria.

Y finalmente la jurisprudencia que contradice la garantía del ejercicio pleno del voto, P./J. 33/2011, de rubro: DERECHO AL VOTO. SE SUSPENDE POR EL DICTADO DEL AUTO DE FORMAL PRISIÓN O VINCULACIÓN A PROCESO, SÓLO CUANDO EL PROCESADO ESTÉ EFECTIVAMENTE PRIVADO DE SU LIBERTAD. (Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]., 2011, septiembre), que indica la suspensión del derecho al voto cuando la persona en calidad de procesado se encuentre privada de su libertad. Ésta jurisprudencia implicó una imposibilidad física y material para ejercer el derecho al voto, pues una PPP al no poder acudir a la casilla por estar privada de su libertad, encuentra dificultades para ejercer de manera plena el voto.

Tomando en cuenta que el voto es un derecho regido por los principios establecidos en el artículo 7, párrafo 2 de la Ley General de Instituciones y Procedimientos Electorales, los cuales marcan que este es universal, libre, secreto, directo, personal e intransferible (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014, mayo 23, pág. 5). Por esta razón se emite otra jurisprudencia que confirma el hecho de que si una persona se encuentra recluida en prisión preventiva de forma material, su derecho al voto se verá vulnerado; mientras que si solo está sujeta a procedimiento penal en libertad, no existe motivo para suspender o limitar este derecho ([TEPJF], Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación, 2013, 18 de septiembre). Como consecuencia, los tribunales coinciden en que sin sentencia firme y condenatoria que contenga pena privativa de libertad, no se suspenderá o limitara el derecho al voto.

Debido a la imposibilidad material antes mencionada, el voto anticipado se considera una buena alternativa para garantizar el derecho al sufragio de esta parte de la ciudadanía, evitando así que por alguna limitación le fuera imposible llevarlo a cabo. El INE realizaría una modalidad tipo postal en domicilio para que este derecho fuera ejercido al interior de los Centros Penitenciarios y CEFERESOS. El INE llevó a cabo una primera prueba piloto, que eventualmente desarrolló la emisión del voto anticipado en otras entidades federativas en el año 2022 y 2023. Resultando en 3 grandes antecedentes tomados en cuenta con la finalidad de poder analizar y crear protocolos y lineamientos para operar y brindar el adecuado ejercicio del derecho al voto en la república para 2024.

Voto de las PPP en Querétaro

En Querétaro, después de que se publicara la Ley Nacional de Ejecución Penal (en adelante LNEP), emitida el 16 de junio de 2016 a través del Diario Oficial de la Federación (DOF), el Estado se vio en la necesidad de restablecer el funcionamiento de su sistema penitenciario. Por lo que el 29 de noviembre de 2017, se publica en el periódico oficial local, La Sombra de Arteaga, la ley que creó la Comisión Estatal del Sistema Penitenciario de Querétaro (CESPQ) (La Sombra de Arteaga, 2017, pág. 24320). Gracias a estos cambios se implementa la Ley que crea la Comisión para la Evaluación de la Operación del Sistema de Justicia Penal Acusatorio del Estado de Querétaro, denominada “Cosmos”. Sobresaliendo a nivel nacional; permitiendo adecuar la

infraestructura y las condiciones de operación y organización dentro de los cuatro CP del Estado, considerándolos para el ejercicio del derecho al voto anticipado ([CESPQ]). En consecuencia a lo anterior, es necesario reconocer la importancia de garantizar el derecho al voto en toda la población mexicana, especialmente en las poblaciones vulnerables como lo son las PPP, por ser un derecho humano y que permite el reconocimiento de una Estado democrático de derecho. Por tanto nos preguntamos ¿cuáles son las condiciones del ejercicio del derecho al voto de las Personas en Prisión Preventiva en el Estado de Querétaro para las elecciones del 2024? Lo anterior permite establecer el siguiente objetivo en el presente trabajo: describir y analizar el ejercicio del derecho al voto de las Personas en Prisión Preventiva en el Estado de Querétaro para las elecciones del 2024.

Metodología

El método empleado durante esta investigación fue mediante un enfoque cualitativo de corte documental. El alcance fue exploratorio-descriptivo. Este estudio se llevó a cabo a través de una revisión de literatura, centrada en el análisis sistemático de documentos, informes, normativas y estudios previos sobre el derecho al voto de personas en prisión preventiva principalmente en el Estado de Querétaro. La recolección de datos se basó exclusivamente en fuentes secundarias, siguiendo un proceso sistemático de búsqueda, selección, organización y análisis de la literatura existente. Así como los datos emitidos por el Programa de Resultados Electorales Preliminares (PREP).

Resultados

México destaca por ser un país garantista de derechos, formando parte de diversos tratados que los reconocen y buscan respetarlos. Sin embargo no es suficiente con reconocerlos, se debe de velar por ellos para lograr ejercerlos de manera plena, sin distinción alguna. Siendo el voto un derecho considerado forma de participación ciudadana, desde 2017 en México se han implementado diversas formas de emisión, siendo estas la casilla especial y el voto anticipado, logrando así que todos los ciudadanos ejerzan su derecho a votar sin importar que alguna imposibilidad física les impida acudir de manera presencial a su casilla correspondiente.

La igualdad de condiciones al momento de garantizar un derecho es esencialmente importante, pues el Estado debe buscar la manera de brindar a todos los medios disponibles para ejercer, en este caso, el sufragio. Por lo mismo corresponde a este garantizar a un sector vulnerable, como lo son las PPP, sus derechos. Existiendo un obstáculo material que imposibilita ejercer el derecho al voto, siendo directo e intransferible, por lo que no puede ser ejercido por un tercero, el INE debe garantizar que ningún ciudadano se vea vulnerado y exista una igualdad de condiciones. Por lo mismo el derecho de las PPP al voto se ha contemplado por la SCJN mediante tesis y jurisprudencias, aunque nunca con una interpretación completamente adecuada.

Al existir una falta de interpretación legislativa del artículo 38 de la CPEUM, sabemos que los derechos políticos en realidad se veían obstaculizados y no suspendidos. Haciéndonos entender que el derecho al voto necesitaba que se le diera visibilidad y que se desarrollaran métodos adecuados por parte de los órganos electorales para una fácil implementación en cualquiera de las circunstancias que surjan. Por esta razón la prueba piloto en conjunto de la implementación del voto en los años posteriores, ayudaron a conocer los alcances de este derecho, así como de generar la colaboración entre autoridades.

En Querétaro, el derecho al voto de las PPP, surge después de la controversia originada del TEPJF en 2018, y nos lleva a darnos cuenta del poco reconocimiento que se le estaba dando al voto en sectores vulnerables de la población. Además, en el Estado no se ha modificado la legislación local electoral, lo cual evita que se ejerza el derecho pleno localmente de las PPP. De tal manera, que resulta indispensable informar de los alcances de los derechos político-electorales con los que cuentan. Brindando folletos, reproduciendo las emisiones de los debates de los candidatos, y las boletas de elección.

También, al analizar la función administrativa, encontramos la logística por medio de la cual actúan los órganos para llevar a cabo el derecho al voto (Instituto Nacional Electoral [INE]); la función de la judicatura, proporciona los resultados de la impartición de justicia, emitiendo resoluciones para lograr obtener un análisis por medio del que determina el tribunal con lo establecido en la legislatura vigente; y por último, se analiza la función académica, que desarrolla un panorama de observación lleno de puntos de vista de juristas, doctrinarios y especialistas en materia electoral, constitucional y penal.

Con esto logramos establecer que las PPP son acreedoras del derecho humano al voto, justo como se menciona en el artículo 1 de la constitución mexicana, que dice que todas las personas gozan de los derechos humanos reconocidos tanto en esta como en los tratados internacionales; artículo que también menciona que se promuevan, respeten, protejan y garanticen los derechos humanos, de acuerdo a los principios mencionados en un inicio, de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad, siendo los mismos que rigen el derecho al voto, de acuerdo al artículo 7 párrafo segundo de la LGIPE.

Tomando en cuenta lo anterior, también es importante referirnos al art. 20, inciso B) de la CPEUM, que enlista cuales son los derechos que tienen las personas imputadas; mismos que de acuerdo a la fracción primera, se encuentran amparados bajo la esfera jurídica de presunción de inocencia. Por ende, pese al estado físico en el que se encuentran, los derechos de las PPP, no debieron ni deben de verse obstaculizados, siendo, como ha sido anteriormente mencionado, un deber del Estado garantizar los, ya que el hecho de encontrarse recluidos dentro de un CP, se debe a una medida cautelar.

La votación anticipada tomo lugar el día 16 de mayo de 2024 en todo el Estado de Querétaro (El Universal Querétaro, 2024). Los elementos materiales para llevar a cabo el derecho al voto de las PPP en el Estado de Querétaro, son los medios que proporcionan la información necesaria al interior de los CP. Los cuales tienen por finalidad la emisión de un voto certero e informado. Tal como lo son, folletos, la emisión de debates de las y los candidatos y, por supuesto, las boletas de elección. Boletas donde se desahogó el sufragio federal. Recordemos que el voto local no fue incluido en el Estado Queretano, debido al criterio del TEPJF al que se ha referido anteriormente.

Sin embargo, es importante mencionar que, existen obstáculos para materializar el derecho al voto. Destacándose en principio que, la situación jurídica de las PPP juega un papel fundamental para el ejercicio de tal derecho. Pues la pluralidad de procesos de las PPP conlleva al análisis para determinar si una PPP es o no candidata para sufragar. Ya que, el hecho de tener uno o varios procesos penales, conlleva a la terminación de una prisión preventiva, pero al inicio de una prisión punitiva. Por lo tanto, la materialización del derecho a votar es inestable en este sentido.

Por otra parte, es fundamental que las condiciones de seguridad e infraestructura de cada CP sean seguras y optimas. Pues de ello depende garantizar la integridad de todas las personas al interior de los CP. Por tal motivo, en marzo del 2024, se realizaron diversas visitas de verificación a 172 CP por parte de las SSPC y las SSPE. Entre ellos, se visitó a los cuatro CP del Estado de Querétaro. De los que de acuerdo con el segundo informe de avance en la organización del voto de las PPP en el PEC 2023-2024, contaron con el mobiliario suficiente para la instalación de las mesas receptoras. Contando con los protocolos de seguridad que garantizan la integridad física de los participantes, cumpliendo con dicha verificación (Consejo General del Instituto Nacional Electoral [INE], 2024, marzo, págs. 10, 11).

Con respecto al PEC-2024, este abarco la participación de 214 CP, de los cuales se tuvo una participación total de 30,947 PPP. Mismo que, se llevó a cabo el 16 de mayo del 2024 en el Estado de Querétaro. El cual contó con una LNEPP inicial de 999 PPP, sin embargo, para el mes de mayo se tuvo un total de 155 PPP. Llevando a cabo el sufragio en sus cuatro CP, sin embargo, sólo sufragaron 83 PPP, de las cuales 72 fueron hombres y 11 fueron mujeres.

Por lo tanto, la LNEPP carece de agilidad y logística, debido a ello, no se puede realizar el voto del total de las PPP que integran dicha lista. Tal como se menciona anteriormente en nuestro Estado Queretano pues, de 155 PPP, 72 no sufragaron. Aunado a que, las PPP que lleguen a ingresar después de terminado el plazo de conformación de la LNEPP no forman parte de la misma. De tal manera que, se sigue vulnerando el derecho al voto por los trámites administrativos que integran la LNEPP. Por lo tanto, el INE en conjunto del IEEQ y, de las autoridades penitenciarias competentes de la CESPQ, deben analizar los contratiempos de cada proceso administrativo evitando que, se sigan vulnerando los derechos de las PPP.

También, es importante destacar que, únicamente se tiene registro del total de la conformación de la LNEPP y del total de votos. Esto debido a que, en el Programa de Resultados Electorales Preliminares (PREP), no se tiene registro del resultado de las MEC del voto de las PPP en el Estado de Querétaro (Instituto Nacional Electoral [INE], 2024). Pese a que, se había establecido en los informes parciales del PEC-2024 que, el cómputo y escrutinio se llevaría a cabo el mismo día de la jornada electoral. Por lo que no se cuenta con la información para conocer los partidos por los que votaron cada una de las PPP en el Estado de Querétaro.

Discusión y conclusiones

Siendo conscientes del garantismo que se promueve en nuestro país, se destaca la poca acción en pro de los derechos humanos. Pues no basta con reconocerlos, resulta importante también hacer efectiva su implementación. Nos damos cuenta de que el derecho al voto de las PPP ha sido vulnerado debido a que a pesar de ser reconocido por el Estado, su práctica nunca ha sido efectiva.

Garantizar y reconocer un derecho humano son cuestiones distintas entre sí. Reconocer implica examinar e identificar circunstancias que son objetos de derechos; mientras que garantizar se entiende como aquel instrumento que defiende a los derechos humanos en su totalidad (Villa, 2019, pág. 29). En México, el reconocimiento del derecho al voto es total, pero la garantía del mismo no, lo cual, después del primer debate en 2018 sobre si las PPP eran o no acreedoras de este derecho, tomando en cuenta la determinación del TEPJF en cuanto al PEL, que no permitió a los estados que no tuvieran legislados sus Códigos Electorales Locales, poder implementar el sufragio.

Por esto es importante que el Estado por medio del INE, agilice los procesos y la logística para detectar los errores cometidos durante la prueba piloto de 2021, para que, de acuerdo a ello, se creen herramientas que permitan ejercer los derechos humanos sin impedimento alguno, siendo uno de ellos, no poder acudir a las dependencias correspondientes para exigir sus derechos, haciendo el acceso el doble de complicado (Villa, 2019, pág. 67).

Otro factor que interfiere en que se garantice el voto de las PPP, es la falta de interpretación en el sector, siendo un derecho condicionado por una situación de carácter físico. La pobre interpretación que se había hecho del principio de presunción de inocencia ha venido siendo el obstáculo principal del asunto en cuestión; pues mientras la persona aún no haya agotado el principio de definitividad, que implica agotar todas las etapas del procedimiento penal según lo establecido en el artículo 211 del CNPP; sigue considerándose inocente. Así pues, la reclusión no debe de ser sinónimo de exclusión, sino más bien objeto de atención y actuación por parte del Estado mediante los órganos encargados de garantizar el pleno ejercicio de los derechos humanos.

Referencias

Alponte, J. M. (2012). Lecturas filosóficas (la lucha por los derechos humanos y el Estado de derecho). Delegación Cuajimalpa, Distrito Federal, México: Instituto Nacional de Administración Pública, A.C. Recuperado el 2024, de http://ru.juridicas.unam.mx/xmlui/handle/123456789/13350

Instituto Nacional Electoral [INE]. (13 de 02 de 2024). ¿Qué es la insaculación? ¿Qué es la insaculación? Ciudad de México, Ciudad de México, México: Intituto Nacional Electoral [INE]. Recuperado el 07 de 2024, de https://centralelectoral.ine.mx/2024/02/13/te-explicamos-que-es-la-insaculacion-y-como-la-utilizamos-en-el-ine-para-seleccionar-a-

la-ciudadania-que-sera-funcionaria-o-funcionario-de-casilla-en-las-elecciones-2024/

González, J. L. (1996). Las Encrucijadas de la Democracia Moderna. (M. M. Contreras, Ed.) Nuevo León , Monterrey , México : Plaza y Valdés editores . Recuperado el 07 de 2024, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LfkIMOlecPwC&oi=fnd&pg=PA461&dq=Historia+de+la+Democracia+Moderna:+Una+Breve+Introducci%C3%B3n&ots=1t_sEi3tR9&sig=YvKrUx_KMYIVVNFaft-XOukMCSQ#v=onepage&q&f=false

Linera, M. Á. (13 de 05 de 2012). El derecho de voto como derecho fundamental. El derecho de voto como derecho fundamental, 109 - 151. Ciudad de México, Ciudad de México, México: Intituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Recuperado el 06 de 2024, de https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-electoral/article/view/9979/12007

Muñoz, L. A. (31 de 05 de 2014). El derecho al sufragio en el siglo XX. El derecho al sufragio en el siglo XX, 163 - 189. Murcia, Murcia, España : Universidad Carlos III de Madrid . Recuperado el 06 de 2024, de https://core.ac.uk/download/pdf/44310256.pdf

Piedra, J. d. (2007). La constitucionalidad de las candidaturas independientes como una forma de participación ciudadana. Distrito Federal, México: Instituto Electoral del Distrito Federal. Recuperado el 2024, de http://portal.iedf.org.mx/biblioteca/descargasC.php?id=58

Palacios Alcocer, M., De la Mata Pizaña, F., Avante Juárez, A., Mercado Ramírez, M., De Hoyos Koloffon, G., Esquivel Quintero, A., . . . Chávez Fierro, R. (05 de 2024). Restricciones constitucionales al ejercicio de los derechos humanos de las personas privadas de la libertad. Restricciones constitucionales al ejercicio de los derechos humanos de las personas privadas de la libertad, Primera Edición. Querétaro, Querétaro, México: Instituto de Estudios Constitucionales del Estado de Querétaro. Recuperado el 2024, de https://bibliotecacorteidh.winkel.la/Product/ViewerProduct/2526#page=1

González Oropeza, M., & Del Rosario Rodríguez, M. (01 de 2015). Federalismo y Elecciones de México. Federalismo y Elecciones de México, 37 - 59 . Ciudad de México, Ciudad de México, México: Revista Mexicana de Derecho Electoral. Recuperado el 07 de 2024, de https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-electoral/article/view/10084/12545

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (03 de 07 de 2019). Conmemoramos 64 años del voto de la mujer en México. Conmemoramos 64 años del voto de la mujer en México. Ciudad de México, Ciudad de México, México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Recuperado el 07 de 2024, de https://www.gob.mx/inafed/articulos/64-aniversario-del-voto-de-la-mujer-en-una-eleccion-federal-en-mexico#:~:text=Fue%20el%2017%20de%20octubre,urnas%20a%20emitir%20su%20voto.

Fernández, F. L., Ripa Alsina, L., & Salum Alvarado, E. (2009). Democracia y Derechos Humanos, Desafios de la Emancipación. (U. N. Quilmes, Ed.) Estado de México , Toluca, México : Universidad Autónoma del Estado de México . Recuperado el 04 de 2024, de https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/ab7a1ee3-a32f-4683-bbf2-9c6512243880/content

Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. Tribunales Colegiados de Circuito. (08 de 2008, agosto. Tomo XXVIII.). Proceso 169030. México: Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta. Recuperado el 2024, de https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/169030

Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. Tribunales Colegiados de Circuito. (09 de 2005, septiembre. Tomo XXII.). Proceso 177134. México: Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta. Recuperado el 2024, de https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/177134

Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. (09 de 2011, septiembre). Proceso 161099. México: Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta. Recuperado el 05 de 2024, de https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/161099

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014, mayo 23). Ley General de Instituciones y Procedimientos Electorales. Ciudad de México , Ciudad de México, México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Recuperado el 07 de 2024, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPE.pdf

Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. (2013, 18 de septiembre). Proceso 39/2013. México: Gaceta de jurisprudencia y Tesis en materia electoral, [TEPJF]. Recuperado el 05 de 2024, de https://elecciones2021.te.gob.mx/IUSTEMP/Jurisprudencia%2039-2013.pdf

Consejo General del Instituto Nacional Electoral [INE]. (2023). Informe Final de la Implementación de la Prueba Piloto del Voto de las Personas en Prisión Preventiva en el Proceso Electoral Local 2022-2023 en los estados de Coahuila de Zaragoza y México. México: Consejo General del Instituto Nacional Electoral [INE[. Recuperado el 11 de Marzo de 2024, de https://repositoriodocumental.ine.mx/xmlui/handle/123456789/152993

La Sombra de Arteaga. (29 de 11 de 2017). TOMO CL. TOMO CL, 24294 - 24360 . Santiago de Querétaro, Querétaro, México: Secretaria de Gobierno. Recuperado el 05 de 2024, de

https://lasombradearteaga.segobqueretaro.gob.mx/getfile.php?p1=20171182-01.pdf

El Universal Querétaro. (17 de 05 de 2024). 86 personas votan de forma anticipada en penales. El Universal Querétaro. Recuperado el 05 de 2024, de https://www.eluniversalqueretaro.mx/nuestras-historias/86-personas-votan-de-forma-anticipada-en-penales/Ine

Villa, M. P. (2019). La epistemología del procedimiento penal acusatorio y oral. La epistemología del procedimiento penal acusatorio y oral. Querétaro, Querétaro, México: Instituto de Estudios Constitucionales del Estado de Querétaro. Recuperado el 07 de 2024, de https://www.corteidh.or.cr/tablas/r39077-1.pdf

Violencia en México: Análisis con un Índice Estatal

Mapping Violence in Mexico: A state-level index analysis

Autoras:

Amanda López Hernández

amandalhdz18@gmail.com

Arkansas State University Campus Querétaro

Fernanda Daniela Garcia Zenil

fer.dgz28@gmail.com

Arkansas State University Campus Querétaro

Asesora:

Dr. Nadyra Rodríguez Arias

nrodriguezarias@astate.edu

Arkansas State University Campus Querétaro

Resumen:

La violencia es un constructo social lo que la vuelve difícil de definir, esto complica su medición exacta. Sobre todo, en el contexto de México donde la corrupción y la presencia de los carteles se suman para crear un panorama complejo. Es por ello que la creación de políticas públicas basadas en mediciones precisas que reflejen la realidad de la violencia es de gran relevancia. En el estudio se propone un índice de violencia. Construido mediante el método de Análisis de Componentes Principales, utilizando diferentes indicadores. Un análisis histórico y la relación inversa con el índice de la paz sugieren que el índice de violencia representa de manera fidedigna la violencia en México.

Para demostrar la utilidad del índice se presenta un análisis utilizando paneles de datos para determinar la relación de la violencia con el Producto Interno Bruto.

Resume:

Violence is a social construct which makes it difficult to define and complicates its proper measure. Specially, in the context of Mexico where the corruption and the drug cartels create a complex panorama. Therefore, the importance of designing public policies that assess this problem is based on measurements that reflect the reality of violence. Along this study a violence index is proposed. Built through the Principal Component Analysis and using different indicators. A historical analysis and the inverse relationship between the peace index and the violence index suggests that it is a proper representation of violence in Mexico.

To illustrate the possible applications of the index a panel data regression is run between the index and the Gross Domestic Product.

Palabras clave: *Índice de violencia, violencia, factores socioeconómicos, análisis de componente principal, teoría económica del crimen*

Keywords: *Violence index, violence, socioeconomic factors, principal component analysis, economic theory of crime.*

Introducción

La violencia puede ser definida como un constructo social, es decir, un concepto que ha sido moldeado y definido a través de normas culturales a lo largo del tiempo. Debido a este carácter, el encontrar una definición universalmente aceptada es una tarea complicada. Considerando lo anterior la medición de la violencia se vuelve particularmente compleja. Los indicadores tradicionalmente utilizados para medir la violencia son las tasas de homicidios y la incidencia delictiva, sin embargo, estas no logran proporcionar una imagen completa de la situación. Especialmente en el contexto de México, en donde 94% de los crímenes no son reportados (Impunidad Cero, 2024).

México posee un panorama único en lo referente a la violencia. En él podemos identificar el factor del crimen organizado y los carteles. Como algunos autores (Morris, 2012) explican estas organizaciones juegan un papel central en las dinámicas de la violencia en México. Reveles (2013) llega a catalogarlos como ejércitos a disposición del crimen. La presencia de los carteles en México no sólo aumenta los niveles de violencia de forma directa, sino que se relaciona con otras formas de crimen.

Como lo es la corrupción. Esta puede ser considerada como un acto criminal en sí misma, sin embargo, lo que la vuelve especialmente significativa es su capacidad de aumentar otras formas de crimen. En el caso de México es un factor marcado que como explican Noriega y Trigos (2015) socava el desarrollo económico del país. Además, la corrupción facilita las operaciones de grupos criminales mientras debilita los intentos del estado por detener la violencia.

Un tercer factor a considerar son los altos niveles de desigualdad y pobreza, de acuerdo a CONEVAL más de la mitad de la población vive por debajo de la línea de la pobreza. Al mismo tiempo, la movilidad social es prácticamente nula. La convergencia de todos estos factores crea una realidad única en la que es de vital importancia diseñar políticas que mitiguen el crecimiento de los niveles de violencia.

Sin embargo, con frecuencia las iniciativas del estado terminan en desastre. Todo lo anterior se ve ejemplificado en el evento conocido como “la guerra contra el narco”. Periodo durante el cual los esfuerzos por terminar con los carteles desembocaron en una de las etapas más violentas que ha vivido el país, sin haber producido resultados. Para resolver este problema es necesario diseñar políticas que realmente tengan en consideración las características únicas de las dinámicas de violencia en México. La creación de un índice que represente de manera fidedigna la multiplicidad de la violencia nos acerca a esta meta.

El objetivo central de la investigación es desarrollar un índice de violencia multidimensional que capture la complejidad de este fenómeno en los estados mexicanos.

El modelo económico del comportamiento criminal explica que la decisión de cometer un delito es el resultado de un análisis de costo-beneficio; por lo tanto, se asume que los individuos participan en actividades delictivas hasta que los beneficios marginales igualan a los costos marginales (Becker, 1968). Los beneficios derivados del crimen, aunque varían según el individuo y el delito cometido, están casi siempre relacionados con ganancias monetarias, especialmente en países como México, donde las oportunidades son escasas. Para simplificar, el costo de cometer un delito es la condena que conlleva el comportamiento ilegal. Por lo tanto, en el contexto de México, los costos marginales del crimen se ven significativamente reducidos por la falta de persecución y una percepción insatisfactoria de las capacidades de las fuerzas del orden. En casos extremos, la participación en crímenes relacionados con los cárteles de drogas ha demostrado ser extremadamente lucrativa. Estos factores, combinados con una baja probabilidad de ser capturado, pueden ser la mejor explicación de por qué la violencia es un problema recurrente en

México. Por lo tanto, proponemos un indicador de violencia que no solo refleja la frecuencia con la que se cometen los delitos, sino que también tenga en cuenta los factores que facilitan el incurrir en actos criminales y la eficacia con la que son perseguidos teniendo como base este análisis costo-beneficio.

Metodología

El índice de violencia propuesto se basa en un agregado de factores que capturen las múltiples dimensiones de la violencia y que a su vez permita hacer comparaciones entre los estados; ajustándose mejor a la realidad de la violencia. Los indicadores utilizados se resumen en la tabla adjunta, los cuales fueron recopilados del banco de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Crime incidence	288	31570.88	11172.26	12826.93	93003.05
Perception of security	288	68136.27	15614.69	19201.57	92636.97
Perception on police effectiveness	288	26145.2	6112.391	7911.218	39199.12
Jail population	288	155.8951	110.0571	24.36941	581.6572
Population under poverty	207	2641.453	2358.101	0	7708.139

Tabla 1. Variables utilizadas para crear índice de violencia.

El índice de violencia propuesto se basa en un promedio ponderado que resulta de la multiplicación de cada variable por el peso asociado a ella, en función de su importancia. Las variables consideradas fueron la *incidencia delictiva, la percepción de seguridad, la percepción de la efectividad policial, la población carcelaria y la población bajo la línea de pobreza.* Estas serían nuestras variables independientes, constituyendo la violencia como la variable dependiente. Se tomaron en cuenta los 32 estados durante el período de 2011 a 2019.

Para determinar los pesos de cada variable, seleccionamos el método de Análisis de Componentes Principales (ACP). El procedimiento de ACP da como resultado índices resumen que identifican las variables con mayor poder explicativo. Aplicados a nuestro índice, los pesos obtenidos por el ACP indican su importancia para capturar la variabilidad. El ACP ayuda a reducir la dimensionalidad del conjunto de datos, pero retiene la información más relevante.

Después de realizar un promedio ponderado para cada estado en cada uno de los años mencionados, los datos fueron normalizados. Nuestro valor más alto fue Zacatecas en 2018 y el más bajo fue Chiapas en 2011.

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Unexplained
Crime Incidence	-0.0388	0.7457	0.2860	0.0683	-0.5966	0
Perception of security	-0.4435	0.5477	-0.2730	0.2384	0.6098	0
Perception of Police Effectiveness	0.5981	0.0440	0.2319	0.7361	0.2115	0
Jail Population	0.5490	0.3482	0.1496	-0.6288	0.3993	0
Population under poverty	-0.3776	-0.1439	0.8761	-0.0354	0.2607	0

Tabla 2. Resultados de Análisis de Componentes Principales

Resultados

Se observaron valiosas aportaciones a partir de los resultados del Índice de Violencia. Los estados con las calificaciones más altas y sus respectivos años fueron Zacatecas con 1 en 2018, Nuevo León con 0.99 en 2012 y Tamaulipas con 0.98 en 2018. En cuanto a las tasas más bajas, encontramos a Chiapas con 0 en 2011, Yucatán con 0.075 en 2012 y nuevamente Yucatán con 0.065 en 2011.

El principal punto de discusión es que indicadores como las tasas de homicidio y la incidencia delictiva no son suficientes para ofrecer una imagen completa de la violencia que se enfrenta en México. Por lo tanto, comparar nuestros resultados con los reportados desvirtúa el propósito de la discusión. Para validar nuestros resultados, los compararemos con los del Índice de Paz de México propuesto por Visions of Humanity, en el cual reconocemos la relación inversa que existe entre paz y violencia. Según los resultados presentados por el Índice de Paz de México, Yucatán se mantiene como el estado más pacífico en general, lo cual concuerda con nuestros resultados. Además, mencionan que Chiapas sigue la tendencia de Yucatán. "Zacatecas registró el mayor deterioro general en la paz entre 2015 y 2021" (Vision of Humanity, 2023).

Nuevamente, los resultados se alinean entre el Índice de Paz de México y nuestro Índice de Violencia, considerando aún más que Zacatecas fue designado como nuestro valor máximo al normalizar los datos. Es relevante mencionar que para demostrar la utilidad del índice también se realizaron regresiones utilizando indicadores macroeconómicos.

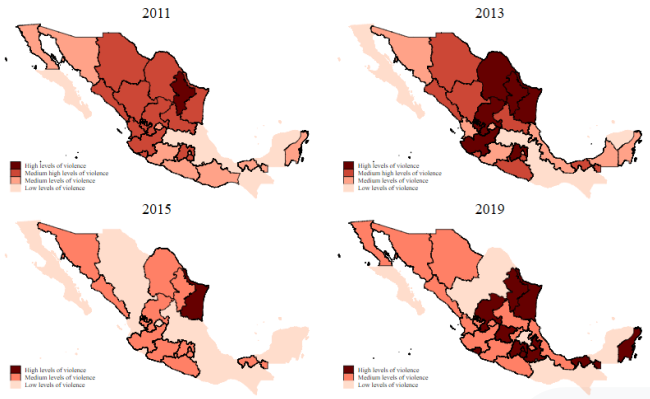


***Figura* 1.** Distribución del Índice de Violencia entre los estados en los años 2011, 2013, 2015 y 2019.

Conclusión

El Índice de Violencia propuesto corrige las limitaciones de las medidas actuales al considerar diferentes tipos de violencia, lo que facilita una mejor comprensión de los niveles y la distribución de la violencia en el país. Esto permite a los responsables de la formulación de políticas asignar recursos de manera más eficiente y evaluar el impacto de la violencia en indicadores macroeconómicos. Sin embargo, la falta de información confiable sobre grupos ilegales y violencia resalta la necesidad de recopilar más datos para obtener resultados más precisos.

Referencias

Alexander Cotte Poveda, Enrique, J., & Nicolas Ronderos Pulido. (2019). Relations between economic development, violence, and corruption: A nonparametric approach with DEA and data panel. *Heliyon*, *5*(4), e01496–e01496. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844018338842X

Becker, G. S. (1968). Crime and Punishment: An Economic Approach. Journal of Political Economy, 76(2), 169–217. http://www.jstor.org/stable/1830482

Bu, J., Luo, Y., & Zhang, H. (2021). The dark side of informal institutions: How crime, corruption, and informality influence foreign firms' commitment. *Global Strategy Journal*, *12*(2), 209–244. https://doi.org/10.1002/gsj.1417

Cervantes, A., Rashi Jhunjhunwala, Deneb, I., Elizundia, E., Ringel, R., Alejandra Cortes Rodriguez, Diana del Valle, Hill, S., John Gerard Meara, & Tarsicio Uribe-Leitz. (2023). Estimating the economic impact of interpersonal violence in Mexico in 2021: projecting three hypothetical scenarios for 2030. *Revista Panamericana de Salud Pública (Impresa)*, *47*, 1–1. https://doi.org/10.26633/rpsp.2023.39

Duarte, P. (2016). The relationship between GDP and the size of the informal economy: empirical evidence for Spain. *Empirical Economics*, *52*(4), 1409–1421. https://doi.org/10.1007/s00181-016-1109-1

Guajardo, N. A. (2016). Ground Zero for the War on Drugs: Mexican Government Efforts to Curtail Trafficking and Violence. *American Intelligence Journal*, *33*(2), 24–30. https://www.jstor.org/stable/26497085

Hammond, D., Iqbal, M., & Bardwell, H. (2021). *Estimating the Global Economic Cost of Violence: Methodology Improvement and Estimate Updates*. Defence and Peace Economics. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10242694.2019.1689485

Impunidad Cero. (2024). Impunidad Cero. Impunidadcero.org. https://www.impunidadcero.org/impunidad-en-mexico/#/

Kato Vidal, E. L. (2015). Violence in Mexico: An economic rationale of crime and its impacts. *EconoQuantum*, *12*(2), 93–108. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-66222015000200093#aff1

Macias, J. B., & Cazzavillan, G. (2010). MODELING THE INFORMAL ECONOMY IN MEXICO. A STRUCTURAL EQUATION APPROACH. *The Journal of Developing Areas*, *44*(1), 345–365. http://www.jstor.org/stable/41428209

Mallon, M. R. (2022). *Who's Hiding in the Shadows? Organized Crime and Informal Entrepreneurship in 39 Economies - Mark R. Mallon, Stav Fainshmidt, 2022*. Journal of Management. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0149206320978821

Miron, J. A., & Zwiebel, J. (1995). The economic case against drug prohibition. Journal of Economic Perspectives, 9(4), 175-192. https://doi.org/10.1257/jep.9.4.175

Morris, S. D. (2012). Corruption, Drug Trafficking, and Violence in Mexico. *The Brown Journal of World Affairs*, *18*(2), 29–43. http://www.jstor.org/stable/24590861

Noriega, R. F., & Trigos, F. (2015). *Mexico's Cycle of Crime and Corruption*. American Enterprise Institute. http://www.jstor.org/stable/resrep03217

Pardo Martínez, C. I., & Cotte Poveda, A. (2023). Violence and economic development in Mexico: a panel data cointegration approach. *Development Studies Research*. https://doi.org/10.1080//21665095.2023.2169733

Reveles, J., Klahr, M. L., & Spiller, I. (2013). Mexico. In Heinrich-Böll-Stiftung & R. Schönenberg (Eds.), *Transnational Organized Crime: Analyses of a Global Challenge to Democracy* (pp. 149–178). Transcript Verlag. http://www.jstor.org/stable/j.ctv1fxh0d.15

Ruitenburg, T. van , & Ruiter, S. (2023). The adoption of a crime harm index: A scoping literature review. *Police Practice and Research*. https://doi.org/10.1080//15614263.2022.2125873

Vision of Humanity. (2023, June 16). Mexico Peace Index | The most and least peaceful states in Mexico. Vision of Humanity. https://www.visionofhumanity.org/maps/mexico-peace-index/#/

Wagner, L., Feindouno, S., & Goujon, M. (2016). *fondation pour les études et recherches sur le développement international*. https://ferdi.fr/dl/df-KXn41oHpgzqBAJvmiboiGe8A/ferdi-p151-internal-violence-index-a-composite-and-quantitative-measure-of.pdf

World Economics Association. (s. f.). *Inequality in Mexico | World Economics Association*. https://www.worldeconomicsassociation.org/newsletterarticles/inequality-in-mexico/

Impacto de la formación internacional en ingenieros de software

Autores: Alejandra María Cruz Flores[1], Mauricio Arturo Ibarra Corona[2], Diego Octavio Ibarra Corona[3], Martín Muñoz Mandujano[4], José Alejandro Vargas Díaz[5], Jair Abisai Ramírez Pérez[6]

Asesor: Mauricio Arturo Ibarra Corona[2]

Correspondencia:
[1] acruz116@alumnos.uaq.mx
[2] mauricio.ibarra@uaq.mx
[3] diego.octavio.ibarra@uaq.mx
[4] martin.munoz.mandujano@uaq.mx
[5] alejandro.vargas@uaq.mx
[6] jramirez154@alumnos.uaq.mx

Centro de Desarrollo de la Facultad de Informática, Universidad Autónoma de Querétaro Av. de las Ciencias S/N. Juriquilla, C.P. 76230 Santiago de Querétaro, Querétaro, México

Resumen
Este estudio analiza el impacto de la formación internacional en la preparación de los ingenieros de software y su competitividad en el mercado laboral global. A través de la experiencia en programas de formación en Madrid y Colombia, se evalúan las competencias técnicas, blandas y multiculturales adquiridas por los estudiantes. Los hallazgos revelan que la movilidad internacional fortalece habilidades clave como el liderazgo, la adaptabilidad cultural, el networking y la resolución de problemas, que son altamente valoradas por los empleadores. Además, la experiencia de formación en el extranjero proporciona una ventaja competitiva en el ámbito profesional, en especial en contextos globalizados. Este artículo incluye la experiencia personal de la autora, quien realizó un diplomado en España y cursa materias de movilidad virtual en Colombia, ofreciendo una visión interna de la formación internacional y su influencia en la preparación profesional.

This study analyzes the impact of international education on the preparation of software engineers and their competitiveness in the global job market. Through experiences in training programs in Madrid and Colombia, the technical, soft, and multicultural skills acquired by students are evaluated. The findings reveal that international mobility strengthens key skills such as leadership, cultural adaptability, networking, and problem-solving, which are highly valued by employers. Moreover, international education provides a competitive advantage in the professional field, especially in globalized contexts. This article includes the author's personal experience, who completed a diploma in Spain and is currently taking virtual mobility courses in Colombia, offering an insider's view of international education and its influence on professional preparation.

Palabras clave
Formación internacional, movilidad académica, ingeniería de software, empleabilidad, competencias multiculturales.

International education, academic mobility, software engineering, employability, multicultural skills.

Introducción
En el contexto actual, la movilidad académica internacional se ha convertido en un componente clave en la educación superior, ofreciendo a los estudiantes la oportunidad de enriquecer sus perspectivas académicas y culturales. Esta experiencia no solo potencia el aprendizaje técnico, sino que de igual manera fomenta el desarrollo de competencias blandas esenciales en el entorno laboral. A lo largo de un diplomado en Tendencias Actuales en Inteligencia Artificial en la Universidad

[1] acruz116@alumnos.uaq.mx

Complutense de Madrid y en las materias de movilidad virtual en universidades colombianas, se ha observado cómo estas oportunidades transforman la educación y la empleabilidad de los estudiantes.

Las universidades tienen que preparar a sus estudiantes para vivir y trabajar en un mundo interconectado, interdependiente y globalizado, contribuyendo con la oferta de egresados al mercado educativo internacional. La movilidad aporta al estudiante competencias transversales significativas para su desarrollo personal, profesional y social. No es posible formar profesionales sino se les da un carácter internacional, formar profesionales que no solo conozcan su medio local, sino que tengan una visión global para la consolidación del nuevo tipo de sociedad que se está generando (Ibarra, s.f.).

En este artículo, se reflexiona sobre las experiencias en diferentes entornos académicos y cómo esta trayectoria ha influido en el desarrollo de las habilidades profesionales y personales. Además, se explora la relación entre la modalidad académica y la empleabilidad, destacando las competencias adquiridas y su relevancia en el mercado laboral. El objetivo es contribuir a la difusión de programas de formación internacional y subrayar su impacto en la competitividad profesional de los ingenieros de software.

Metodología

Este articulo utiliza una metodología cualitativa con base a una investigación narrativa centrada en las experiencias personales de la autora, quien realizó un diplomado en *Tendencias Actuales en Inteligencia Artificial* en la Universidad Complutense de Madrid y actualmente está tomando materias de movilidad virtual en dos diferentes universidades de Colombia. La narrativa se construye de reflexiones sobre estas experiencias, integrando las lecciones aprendidas y el impacto en su desarrollo profesional y personal.

El análisis incluye la revisión de artículos académicos que estudian el impacto de la movilidad internacional y la formación global en la empleabilidad, destacando cómo estas experiencias fortalecen las competencias técnicas, blandas y multiculturales. Los estudios citados han sido seleccionados para comparar y reforzar las observaciones derivadas de la formación en diferentes entornos académicos internacionales, proporcionando un marco teórico que respalda las reflexiones personales.

Las recomendaciones presentadas en este artículo se fundamentan en la experiencia de la autora y la revisión sistemática, con el objetivo de aumentar la difusión de programas de formación internacional y resaltar sus beneficios en la educación de los estudiantes. Se busca concluir con un análisis sobre el impacto de la formación internacional en la competitividad profesional de los ingenieros de software, apoyándose en una combinación de experiencia educativa y una síntesis sobre la movilidad académica y la empleabilidad.

Resultados

Desarrollo de competencias

La formación internacional ofrece una perspectiva más amplia en términos académicos, ayudando a potenciar el desarrollo de competencias tanto técnicas como blandas que resultan fundamentales en el mercado laboral actual.

La experiencia en el diplomado de Tendencias Actuales en Inteligencia Artificial permitió observar el panorama de estudios en Europa, conocer otras culturas y nuevas personas de distintos países con intereses, para así aprender sobre ellos y su forma de ver el mundo y las diferentes oportunidades que existen en sus países de origen.

Desde la búsqueda de estas oportunidades se aprendió sobre cómo se manejan los procesos de otras universidades, por ejemplo, se solicita el envío del curriculum del aspirante, algo que quizás no se consideraría tan relevante para un diplomado, pero que para la institución le permitía seleccionar a los aspirantes y ver los intereses que tenían en el tema, así como su formación actual, lo cual resulta muy importante al momento de la selección, para analizar cada situación de los estudiantes y garantizar que van a aprovechar la oportunidad de cursar el diplomado.

Al estar en Madrid, muchos de los participantes eran egresados de otras carreras o estaban estudiando algún posgrado, eran muy pocas las personas que aún eran estudiantes y si lo eran, cursaban los últimos semestres de sus carreras. Al tomar esta oportunidad estando en un semestre intermedio de la carrera se puede sentir que quizás no es un buen momento para

buscar esta oportunidad, pero viéndolo desde otro panorama lo que se aprende con esa experiencia, las habilidades que se adquieren tanto técnicas como blandas ayudan cuando se quiere entrar al mundo laboral, ya que son las que se buscan que tengan los egresados de las carreras.

La movilidad virtual por su parte, con las oportunidades que brinda la Universidad Autónoma de Querétaro, permite que se tomen materias en otros países de América Latina de manera simultánea a las que se toman en la universidad de manera presencial, en este caso en particular fueron dos las materias cursadas en universidades de Colombia: Inteligencia de Negocios en la Universidad de la Costa y Calidad, Validación y Verificación de Software en la Universidad Militar de Nueva Granada. Estas escuelas cuentan con programas virtuales, por ello cuentan con un buen desarrollo de sus plataformas académicas, lo que hace que se sienta como que se está tomando una materia presencial, claro que existen diferencias significativas, sin embargo se considera que ha sido una muy buena experiencia ya que los maestros tienden a hablar de la situación en su país, dar algunos ejemplos y explicarlos para que se entienda su contexto actual, lo que abre el panorama a entender su cultura y las oportunidades que se presentan en su país.

Como se había mencionado anteriormente, se pueden conocer a muchas personas durante un diplomado presencial en Madrid, basado en la experiencia de uno de ellos, quien resultó estudiar en una de las universidades de Colombia, la Universidad de la Costa, en la que se tomó una clase virtual, él habló algunas cosas sobre su universidad y por la comunicación que existe actualmente se puede ver lo que comparte sobre su vida universitaria, él está en un programa presencial de la universidad, por lo que asiste a eventos de su escuela y comparte información sobre los mismos, una de las cosas que más ha destacado es que las dos universidades en las que se toman materias de movilidad virtual, se encuentran entre las 15 mejores universidades de Colombia. Es un dato que se desconocía pero que realmente no causa tanta sorpresa por la buena educación que ofrecen las universidades en las materias que se toman de intercambio.

Hablando con personas que ya se encuentran en el campo laboral, mencionan que lo que buscan las empresas es que los solicitantes busquen aprender más allá de lo que se puede ofrecer en la universidad que estudian, que exploren nuevas oportunidades y aprendan de las mismas. Son muchas las oportunidades que se ofrecen en México para la internacionalización de los estudiantes.

Movilidad virtual y presencial

El proceso de formación internacional puede adoptar diversas modalidades: presencial y virtual, cada una con sus propios beneficios y desafíos. La experiencia en particular incluye ambos tipos de movilidad, las cuales han aportado de manera significativa a la preparación profesional, pero desde enfoques distintos. Mientras que la movilidad presencial permite una inmersión directa en la cultura y el entorno académico de otro país, la movilidad virtual se ha consolidado como una alternativa accesible, permitiendo a los estudiantes participar en programas educativos internacionales sin la necesidad de desplazarse físicamente.

Por un lado, la experiencia presencial en Madrid ha permitido estar en un entorno académico y cultural diferente a lo que se conoce, lo que facilita el desarrollo de competencias interculturales, la creación de redes profesiones y el fortalecimiento de habilidades de liderazgo.

Por otro lado, la movilidad virtual en Colombia ha supuesto un tipo de formación más flexible, accesible y adaptable a las condiciones actuales del mundo globalizado, permitiendo continuar con la educación desde el país de origen sin perder la conexión con instituciones extranjeras. Aunque la falta de interacción física limita ciertos aspectos del networking y la inmersión cultural directa, esta modalidad permite desarrollar otras competencias valiosas, como la autodisciplina, la gestión de tiempo y el trabajo colaborativo en entornos virtuales. Esto último algo que se ha ido popularizando en las empresas, en especial en el área de desarrollo de software donde existe la posibilidad de tener un empleo remoto o híbrido y al contar con esta experiencia se puede aprender sobre cómo sería la

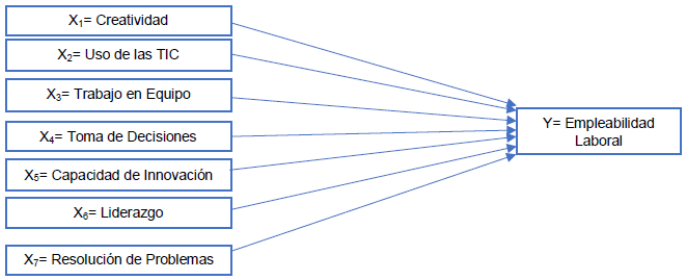
dinámica de ese tipo de empleos y tener las habilidades necesarias para trabajar de esta manera.
El objetivo central de cualquier movilidad, incluso la virtual, es generar una experiencia académica internacional para los estudiantes, docentes e investigadores, la cual está fundamentada en acuerdos interinstitucionales por convenios y se desarrolla en el marco de un convenio establecido con anterioridad por la institución con otras instituciones internacionales. La movilidad virtual multiplica los posibles escenarios de aprendizaje a los que normalmente no se tendría acceso en un modelo educativo sin distancias en el que ya estamos inmersos (Ibarra, s.f.).

Competitividad en el mercado laboral

En un entorno globalizado y cada vez más competitivo, la formación internacional se ha convertido en un factor clave para mejorar la empleabilidad de los profesionales, especialmente en áreas como la ingeniería de software. La experiencia adquirida a través de las distintas modalidades de movilidad académica incrementa los conocimientos técnicos especializados y ayudar a desarrollar las habilidades transversales que son altamente valoradas por las empresas. Habilidades blandas como el liderazgo, adaptabilidad cultural, el trabajo en equipo y la capacidad de resolver problemas.

Figura 1.

Competencias blandas que incluyen en la empleabilidad laboral de los profesionistas.



Nota. Adaptado de Competencias blandas que influyen en la empleabilidad laboral de profesionistas egresados de ingeniería de una universidad del Norte de México [Esquema], por L. Infante-Alcántara, M. D. J. Araiza-Vázquez, & J. F. López-Pérez, 2023, *Formación universitaria*, 16(2)

Entre las competencias adquiridas por los graduados resaltan el liderazgo, la resolución de problemas, la comunicación asertiva, la competencia intercultural y la capacidad de networking. De igual manera, se evidenció cómo estas competencias sirven a los graduados en el ámbito laboral, en específico de cara al trabajo en equipo, la eficacia y las relaciones con los clientes (Echeverría King, Lafont Castillo, & Pineda Portacio, 2020).
La relación entre movilidad internacional y empleabilidad todavía no es de claridad meridiana. No obstante, conviene tener presente que, en el ciclo de la empleabilidad que supone no solo encontrar empleo sino también mantenerlo o acceder a uno nuevo, el capital humano y social constituyen factores estructurales. En conjunto, los estudios que informan sobre la relación entre movilidad y empleabilidad refieren una influencia bidireccional del capital humano y social: su efecto es anterior (incidencia del capital en la decisión de participar) y posterior (desarrollo de competencias, junto al establecimiento de una red de contactos propia) (Vázquez Rodríguez, García Álvarez, & Santos Rego, 2021).

Recomendaciones basadas en la experiencia de la autora

A partir de la trayectoria en programas de formación internacional, se han identificado varias recomendaciones que se consideran esenciales al realizar movilidad académica:

- **Investigar y elegir el programa adecuado:** Es fundamental que los estudiantes investiguen las diferentes opciones de movilidad que ofrece cada institución y elijan las que mejor se adapten a sus intereses y objetivos profesionales.
- **Aprovechar al máximo la red de contactos:** Durante la experiencia en el diplomado en Madrid, se comprendió la importancia de construir buenas relaciones con compañeros y docentes y poder intercambiar ideas con ellos.

Se recomienda a los estudiantes que mantengan contacto con las personas que conozcan ahí, ya que estas conexiones pueden ser valiosas en el futuro, tanto para colaboraciones académicas como para oportunidades laborales.

- **Desarrollar habilidades blandas:** Si bien las habilidades técnicas son de suma importancia, muchas veces tendemos a no prestar atención a otras habilidades que se pueden desarrollar al realizar un intercambio estudiantil. Competencias como el liderazgo, la comunicación asertiva y la resolución de problemas, las cuales son cada vez más valoradas por los empleadores además que se considera que tanto un intercambio virtual como presencial es una buena manera de demostrar que se cuentan con estas habilidades.
- **Participar activamente en la comunidad académica:** Asistir a talleres, conferencias y eventos organizados por la universidad o por otras instituciones sobre oportunidades de intercambio, además que ahora existen muchos medios que permiten conocer acerca de las convocatorias y saber sobre el proceso y más información importante. También es importante indagar en el departamento de movilidad de la universidad.
- **Aceptar las oportunidades que se te presentan:** Muchas veces tendemos a dudar sobre si estamos listos para irnos a otro país o cursar alguna materia en una modalidad diferente a la que estamos acostumbrados, es algo que les puede pasar a todos, lo importante es aprender que se deben aprovechar las oportunidades que se presentan, y sacar el máximo provecho de las mismas, si se hace la solicitud a una beca siempre existirá el miedo porque quizás no la acepten o no seas considerado para alguna materia o universidad, pero vale mucho la pena intentarlo y ver cómo es el proceso, si es posible pedir una retroalimentación para saber cómo prepararse para una próxima convocatoria. Nunca es tarde para intentarlo, hay muchas oportunidades que hay incluso si ya se ha terminado la carrera o si se continúa estudiando un posgrado. Hay que indagar sobre las oportunidades que existen y aceptarlas cuando se presenten.
- **Reflexionar sobre la experiencia:** Si se realiza una movilidad sin importar si es presencial o virtual, es importante tomarse el tiempo para reflexionar sobre lo aprendido y las habilidades que se han adquirido. Lo cual también ayuda mucho para hablar sobre la experiencia y así motivar a más estudiantes a que busquen estas oportunidades.

Se considera de suma importancia que las instituciones de educación superior fomenten la difusión de las oportunidades que ofrecen de intercambios académicos, tanto presenciales, como virtuales. Valencia, Trefftz y Delgado-González (2020) mencionan: “Así como resulta importante reconocer que la internacionalización de la educación superior contribuye a generar mayor entendimiento entre las culturas y las naciones; entonces, de la misma manera es importante reconocer la acreditación internacional como un escenario de intercambio, de movilidad y de entendimiento entre países e instituciones con intereses similares”. Aunque se basan en la idea de que las instituciones busquen acreditaciones internacionales, estos procesos puede llevar bastante tiempo y no ser accesibles para todas las universidades, no obstante existen muchos convenios entre universidades los cuales se les puede sacar el máximo provecho, de igual manera, muchas instituciones como la Complutense de Madrid, ofrecen oportunidades como becas de alojamiento, apoyos a la manutención y apoyos para el pago de inscripción cuando ofertan los diplomados de verano que realizan, además, otras instituciones en México apoyan a los estudiantes que quieren realizar movilidad a otros países, lo que amplía las posibilidades para que los alumnos puedan aprovechar estas oportunidades y solicitar becas.

La movilidad académica es una muy buena experiencia que cuando se aborda de manera consciente y estratégica, puede ayudar a contribuir significativamente al desarrollo profesional y personal de los estudiantes.

Discusión y conclusiones

La formación internacional es un factor esencial en la preparación de ingenieros de software, ya que proporciona competencias técnicas y habilidades blandas y multiculturales, las cuales son altamente valoradas en el mercado laboral global. A través de las experiencias en programas de movilidad académica en Madrid y Colombia, se ha podido ver cómo estas oportunidades enriquecen la formación profesional y contribuyen a la competitividad de los egresados.

Los hallazgos indican que la movilidad internacional fortalece habilidades técnicas clave, como el liderazgo, la adaptabilidad cultural, el networking y la resolución de problemas, lo que se traduce como una ventaja competitiva en un entorno laboral cada vez más globalizado. En especial en carreras como la ingeniería de software donde el trabajo en equipo es clave para la realización de las actividades profesionales, además que temas como la virtualidad se ven cada vez más presentes en esta carrera. Además, la experiencia personal de la autora resalta la importancia de aprovechar las oportunidades de formación en el extranjero.

Finalmente, se recomienda a las instituciones educativas fomentar la difusión de programas de intercambio académico y a los estudiantes considerar estas oportunidades como una inversión en su futuro profesional. Existen muchas oportunidades para poder realizar este tipo de intercambios. La movilidad, ya sea virtual o presencial, enriquece nuestro cocimiento y forma a profesionales más completos y preparados para enfrentar los desafíos de un mercado laboral en constante evolución.

Referencias

Echeverría King, L. F., Lafont Castillo, T., & Pineda Portacio, J. (2020). Impacto de la movilidad internacional en el desarrollo de competencias blandas y su aplicación en el mercado laboral: un análisis para la mejora curricular desde la perspectiva de graduados de ciencias administrativas y contables.

Ibarra, B. F. D. M. M. (s.f.) ESTRATEGIAS PARA INCENTIVAR LA MOVILIDAD VIRTUAL.

Infante-Alcántara, L., Araiza-Vázquez, M. D. J., & López-Pérez, J. F. (2023). Competencias blandas que influyen en la empleabilidad laboral de profesionistas egresados de ingeniería de una universidad del Norte de México. *Formación universitaria*, *16*(2), 1-12.

Valencia, L. E. P., Trefftz, H., & Delgado-González, I. A. (2020). Acreditación internacional de carreras de ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, *15*(29), 28-33.

Vázquez Rodríguez, A., García Álvarez, J., & Santos Rego, M. Á. (2021). Movilidad internacional y empleabilidad: el impacto en el capital humano y social de la juventud. *Educar*.

Perspectivas del consumo eléctrico y desafíos en la economía queretana.

Aliena Soledad Martínes Domínguez[1], Enrique Leonardo Kato Vidal[2], Alejandra Elizabeth Urbiola Solis[3], [1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría y Administración, amartines12@ålumnos.uaq.mx, [2]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría y Administración, enriquekato@uaq.mx, [3]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría, , alejandra.urbiola@uaq.mx

Resumen

La infraestructura eléctrica de un estado atiende a una variedad de usuarios, incluyendo sectores industriales, residenciales y gubernamentales. La disponibilidad de un suministro confiable de energía eléctrica es crucial para mantener un alto nivel de vida y ofrecer un entorno adecuado para las actividades empresariales. A pesar de su importancia, la información detallada sobre el consumo de electricidad a nivel subnacional es escasa. Este estudio aborda esta carencia utilizando un enfoque de insumo-producción biestatal, complementado con datos de producción de INEGI. El análisis reveló que las industrias con un crecimiento significativo en la producción, que ejercieron un impacto considerable sobre la red eléctrica se localizaron en el sector terciario debido a la configuración económica del estado como una economía *servindustrial*, requiriendo un aumento en el uso de fuentes de energía para satisfacer la demanda. Estos hallazgos destacan los desafíos actuales en la sostenibilidad del sistema productivo del estado y subrayan la necesidad de mejoras estratégicas.

Abstract

A state's electrical infrastructure serves a variety of users, including industrial, residential, and government sectors. The availability of a reliable supply of electrical energy is crucial to maintaining a high standard of living and providing a suitable environment for business activities. Despite its importance, detailed information on electricity consumption at the subnational level is scarce. This study addresses this gap using a bi-state input-production approach, complemented with production data from INEGI. The analysis revealed that industries with significant growth in production that exerted a considerable impact on the electrical grid were located in the tertiary sector due to the economic configuration of the state as a service-industrial economy, requiring an increase in the use of energy sources. to meet the demand. These findings highlight current challenges in the sustainability of the state's productive system and underline the need for strategic improvements.

Palabras clave – consumo de energía, enfoque insumo-producción, sectores económicos, crecimiento económico, Querétaro.

Keywords – energy consumption, input-output approach, economic sectors, economic growth, Querétaro.

1) Introducción

La gestión eficiente del suministro de energía, así como de su generación e infraestructura eléctrica, es crucial para el desarrollo económico y la calidad de vida en cualquier región. En Querétaro, al igual que en muchas otras entidades, la oferta y demanda de energía eléctrica enfrentan importantes desafíos debido al aumento de la demanda y a la dependencia de fuentes no renovables.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Energía, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está compuesto por cuatro sistemas eléctricos aislados: el Sistema Interconectado Nacional (SIN), el Sistema Eléctrico Baja California (BC), el Sistema Eléctrico Baja California Sur (BCS) y el Sistema Eléctrico Mulegé (SEM). Querétaro forma parte de

una de las siete regiones interconectadas que conforman el SIN, el cual es el sistema con el mayor consumo de energía eléctrica del país (SENER, 2018).

Dentro del SEN, Querétaro no destaca como un estado productor de energía, para 2017, el estado tenía una de las capacidades instaladas más bajas y su generación de energía estaba en el rango de 500 GWh a 5000 GWh. De ahí que los cambios en la configuración económica del estado constituyan un reto para la producción de energía.

De acuerdo con el balance de energía eléctrica 2017 del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), Querétaro presentó un déficit energético con un índice de -0.09, lo que indica que consume más electricidad de la que produce (SENER, 2018). Lo anterior, refleja la dependencia del estado de la importación de electricidad para cubrir su demanda interna. Esta situación, junto con la dependencia nacional de fuentes no renovables, subraya la necesidad de estrategias para mejorar la capacidad de generación local y avanzar hacia una mayor autosuficiencia energética.

Para comprender el impacto de la demanda de electricidad a nivel subnacional, es fundamental analizar cómo las industrias y otros sectores afectan el sistema eléctrico local. Este estudio emplea matrices insumo-producción biestatales para identificar qué industrias tienen el mayor impacto en la demanda energética y cómo estas interacciones influyen en la sostenibilidad del sistema eléctrico del estado. La investigación busca ofrecer una visión integral sobre cómo las características y el crecimiento de las industrias afectan la infraestructura energética local, contribuyendo a una mejor comprensión de la relación entre el desarrollo económico y la capacidad de suministro energético.

2) Objetivo

Estimar los efectos directos e indirectos en la demanda de electricidad creados por las industrias con mayor expansión en Querétaro durante el periodo de 2012 a 2022.

3) Metodología

El presente trabajo se basó en el análisis insumo-producción, planteado por Wassily Leontief, el cual permite una comprensión detallada de las interrelaciones entre sectores económicos.

El análisis de las matrices insumo-producción permitió identificar cómo los diferentes sectores económicos se interrelacionan a través de sus demandas directas e indirectas de inputs hacia otros sectores y de qué manera, las características particulares de cada actividad económica, así como la demanda de inputs entre sectores y su demanda final influyen en la demanda de electricidad de cada sector. (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe, 2005)

Mediante la aplicación de las matrices insumo-producción, fue posible determinar cómo está constituida la estructura económica del estado de Querétaro, considerando la interdependencia entre sectores, para analizar de qué manera, la creciente expansión de ciertas actividades económicas da como resultado un cambio en la demanda de electricidad. A partir de este incremento en la demanda, se analiza cómo afecta directa e indirectamente a la producción necesaria de energía para sostener el estado.

Se utilizaron bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En particular, se emplearon los Cuadros de Oferta y Utilización y las Matrices Insumo-Producto Multi-Estatales de México 2018. De estas bases de datos, se extrajeron las Matrices Insumo-Producto Multiestatales Industria por Industria a millones de pesos corrientes, específicamente los datos correspondientes al estado de Querétaro del año 2018.

Además, se consultaron las bases de datos de Cuentas Nacionales del Banco de Información Económica del INEGI para obtener el PIB estatal por actividad económica de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte,

México SCIAN 2023, medido en millones de pesos a precios constantes. También se accedió a la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) para obtener datos sobre la población ocupada por sector de actividad económica desde 2012 hasta 2022.

Con base en la Matriz Insumo-Producto 2018 de Querétaro, se construyó la matriz *Z*, que representa los flujos interindustriales dentro de la economía del estado. Cada elemento de la matriz z_{ij} representa las transacciones de un sector i que vende outputs a un sector j que demanda los inputs para su producción Esta matriz refleja la estructura económica de Querétaro al mostrar cómo se interrelacionan las distintas industrias. Los datos contenidos en la matriz representan los flujos monetarios generados por la producción intersectorial, es decir, de cada sector hacia otros sectores (Miller y Blair, 2009)

Es importante destacar que el comportamiento de la demanda entre sectores está directamente vinculado a la producción de cada sector. En otras palabras, la demanda que un sector tiene hacia otro depende de la producción del sector demandante, ya que la cantidad de insumos necesarios para la producción de un sector está influenciada por su nivel de producción. Este principio subraya la interdependencia económica entre sectores y cómo los cambios en la producción de un sector pueden afectar la demanda de insumos en otros. (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe, 2005)

Así mismo, de la Matriz Insumo-Producto 2018 de Querétaro, se obtuvieron los datos para construir el vector de demanda final (*f*), el cual representa la demanda externa de productos que cada sector recibe, excluyendo las ventas internas entre sectores. Esta demanda final incluye el consumo de los hogares, el gasto gubernamental, formación bruta de capital fijo, variación de existencia y las exportaciones de bienes y servicios.

Además, a partir de los datos anteriores, se calculó el vector x, que representa la producción total (Total Output) de cada sector. Este vector se obtuvo sumando todos los flujos interindustriales (*Z*) junto con la demanda final (*f*):

$$x = Zi + f \qquad \textbf{Eq. (1)}$$

donde i es un vector columna de sumatoria que sirve para representar las fuentes y magnitudes de los insumos del sector j. Este cálculo permitió determinar la producción total de cada sector, considerando tanto los flujos internos entre sectores como la demanda externa. (Miller y Blair, 2009)

Posteriormente se calculó la matriz de coeficientes técnicos *A*, dividiendo el valor monetario de las transacciones interindustriales de cada sector por la producción total del sector que demanda los insumos. En otras palabras, cada elemento de la matriz de coeficientes técnicos a_{ij} se calculó como:

$$a_{ij} = z_{ij}/x_{ij} \qquad \textbf{Eq. (2)}$$

Una vez calculada la matriz de coeficientes técnicos A, se procedió a obtener la matriz inversa de Leontief. Este paso es fundamental para analizar cómo las variaciones en la demanda final afectan la producción total de cada sector dentro de la economía. De esa forma es posible conocer la posible demanda de uso fuentes de energía.

La matriz inversa de Leontief (L) se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$(I - A)^{-1} = L \qquad \textbf{Eq. (3)}$$

Donde I es la matriz identidad de dimensiones $n \times n$, donde n es el número de sectores en el modelo. En este caso n =33.

Para los fines de este trabajo, se analizó exclusivamente la relación entre el sector energético 22 del SCIAN y los sectores de la economía de la Tabla 1.

Tabla 1. Sectores económicos y claves

Clave	Sector
111-AGRI	Agricultura
112-CRIA	Cría y explotación de animales
113,115- AP. FOR	Aprovechamiento forestal, Servicios relacionados con las actividades agropecuarias…
21-2-MIN N/P	Minería No Petrolera
22-ENER	Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica…
23 – CONST	Construcción
311 - IND.ALM	Industria Alimentaria
312 - IND. BEB	Industria de bebidas y del tabaco
313-314-FAB.TEXT	Fabricación de textiles, insumos textiles…
315-316 – FAB.PREN	Fabricación de prendas de vestir…
321 - IND.MAD	Industria de la madera
322-323 - IND. PAP	Industria del papel; Impresión e industrias conexas…
324-326 - IND.QUIM	Fabricación de productos derivados del petróleo; Industria química…
327- FAB.PR	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos
331-332- IND. MET	Industrias metálicas básicas; Fabricación de productos metálicos
333-336 - FAB.MAQ	Fabricación de maquinaria y equipo.
337-FAB.MB	Fabricación de muebles, colchones…
339 -OTR.IND	Otras industrias manufactureras
43- COM.MAY	Comercio al por mayor
46-COM.MIN	Comercio al por menor
48-49-TRANSP	Transportes, correos y almacenamiento
51-INF.MED	Información en medios masivos
52- SERV.FIN	Servicios financieros y de seguros
53- SERV.INM	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles…
54-SERV.PROF	Servicios profesionales, científicos y técnicos
55- SERV.CORP	Dirección y administración de grupos empresariales o corporativos
56 – SERV.AP	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, etc.
61 – SERV.EDU	Servicios educativos
62 – SERV.SA	Servicios de salud y de asistencia social
71 – SERV.ESP	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
72- SERV.AL	Servicios de alojamiento temporales
81- OTR.SERV	Otros servicios excepto act. gubernamentales
93- ACT.LEG	Actividades legislativas, gubernamentales, etc.

Fuente: Elaboración propia en base a la clasificación SCIAN, México 2023.

La matriz L representará los requerimientos energéticos totales, de manera que cada elemento l_{ij} indicará cómo un aumento en la demanda final del sector j se traduce en cambios en la producción del sector energético. Es decir, se evaluará cómo varía la producción del sector energético en respuesta a los cambios en la demanda final de cada sector económico, tomando como demanda final el PIB de cada actividad económica. (Artola, 2009)

Por otro lado, para el cálculo de la tasa de crecimiento media anual se utilizó la siguiente fórmula:

$$TCMA = \left(\left(\frac{VF}{VI}\right)^{\frac{1}{t}}\right) - 1 * 100 \qquad \textbf{Eq. (4)}$$

Donde VF es el valor final del periodo, VI el valor inicial del periodo y t la cantidad años del periodo (Jones, 2008).

3) Resultados

Los datos analizados de la Matriz Leontief Inversa calculada se presentan en la Tabla 2. Los elementos de esta matriz, es decir, los coeficientes de Leontief l_{ij} indican el impacto total en el sector *i* de la economía debido a un aumento unitario en la demanda final del sector *j* (Miller y Blair, 2009). En este caso, la Tabla 2 muestra únicamente los coeficientes de Leontief entre los sectores económicos *j* (los contabilizados en las cuentas nacionales del INEGI de acuerdo con el SCIAN) y el sector 22 del SCIAN, que corresponde a la "generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica; suministro de gas natural y suministro de agua".

Tabla 2. Coeficientes Matriz de Leontief inversa, Querétaro 2018.

COEFICIENTES MATRIZ L INVERSA								
	111 AGRI	112 CRIA	113-115 AP.FOR	21-2 MIN NP	22 ENER	23 CONST	311 IND.ALM	312 IND.BEB
22 ENER	0.064	0.016	0.077	0.115	1.016	0.009	0.010	0.025
	313-314 FAB.TEXT	315-316 FAB.PREN	321 IND.MAD	322-323 IND.PAP	324-326 IND.QUIM	327 FAB.PR	331-332 IND.MET	
22 ENER	0.029	0.034	0.038	0.005	0.009	0.031	0.019	
	333-336 FAB.MAQ	337 FAB.MB	339 OTR.IND	43 COM.MAY	46 COM.MIN	48-49 TRANSP	51 INF.MED	
22 ENER	0.003	0.035	0.015	0.005	0.030	0.004	0.017	
	52 SERV.FIN	53 SERV.INM	54 SERV.PROF	55 SERV.CORP	56 SERV.AP	61 SERV.EDU		
22 ENER	0.010	0.015	0.007	0.118	0.003	0.008		
	62 SERV.SA	71 SERV.ESP	72 SERV.AL	81 OTR. SERV	93 ACT.LEG			
22 ENER	0.009	0.120	0.018	0.018	0.009			

Fuente: Elaboración propia con base en datos de los cuadros insumo-producción estatales, Querétaro 2018 del INEGI, "Matrices Insumo-Producto Multiestatales".

3.1 Actividad sectorial y consumo energético

Con base en los coeficientes de Leontief, obtenidos de la matriz L inversa, la investigación encontró que, por sector de actividad económica, en promedio, las actividades secundarias (21-2 al 339 de la Tabla 1) presentan el mayor coeficiente de Leontief (l=0.09). Esto indica que, de manera general, todas las actividades industriales tienen una dependencia alta, en términos relativos, hacia el sector energético (generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica; suministro de gas natural y suministro de agua). El sector primario (111 al 115 de la Tabla 1) y el terciario (43 al 93 de la Tabla 1) presentan coeficientes promedio de 0.05 y 0.03, respectivamente. Esto sugiere que la producción de actividades primarias depende en mayor medida del suministro de energía eléctrica, agua y gas para satisfacer la demanda de productos agrícolas, en comparación con el sector servicios. (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Coeficientes de Leontief promedio por actividad económica, Querétaro 2018

COEFICIENTES LEONTIEF POR ACTIVIDAD	
Actividades Primarias	/=0.05
Actividades Secundarias	/=0.09
Actividades Terciarias	/=0.03

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz Leontief inversa calculada.

En términos generales, estos coeficientes se pueden interpretar de la siguiente manera: durante el proceso de producción de las actividades industriales, todas requieren, de manera directa e indirecta, materias primas, mano de obra, maquinaría y, especialmente, insumos energéticos como electricidad y agua para sus procesos de producción. Sin energía eléctrica, el proceso de fabricación es casi imposible.

Por otro lado, aunque el sector primario (agricultura, pesca, minería) utiliza energía para algunas actividades como riego, cosecha mecanizada, entre otras, su producción depende principalmente de insumos agrícolas como semillas, fertilizantes y sobre todo de la mano de obra.

En el caso de las actividades terciarias, que en su mayoría se trata de empresas que ofrecen servicios, su "producción" depende en gran medida del capital humano más que de los insumos energéticos.

Aunque de manera general la industria presentó mayores coeficientes promedio en comparación con el sector terciario, de manera individual, las dos actividades económicas con mayor dependencia hacia el sector energético local se concentraron en este último. Dirección y administración de grupos empresariales o corporativos (l=0.118) y servicios de esparcimiento cultural (l=0.120) mostraron incluso mayores coeficientes de Leontief que el sector minería no petrolera, el cuál de manera individual, fue la actividad económica con mayor coeficiente dentro del sector industrial (l=0.115)

Con base en los datos anteriores, la industria queretana muestra una dependencia significativa del sector energético local para mantener sus procesos de producción. Esto, sumado al rol central de la industria en el estado, particularmente el de las industrias manufactureras, que desde 2018 han aportado aproximadamente el 70% del PIB industrial (SEDESU, 2020, 2021, 2022), el resultado de esta investigación sugiere que un suministro poco confiable de energía podría tener fuertes implicaciones en la economía estatal. De acuerdo con los coeficientes calculados, en promedio, un incremento de 1 millón de pesos en la demanda final de la industria requeriría que el sector energético incrementara su producción en 90,000 pesos.

Por otro lado, se encuentran dos casos específicos del sector terciario que muestran una fuerte dependencia hacia el sector energético local. El primero es Dirección y administración de grupos empresariales o corporativos cuyo sector comprende unidades económicas como corporativos o holdings encargados de dirigir a otras empresas dentro del mismo grupo corporativo (INEGI, 2023). Dichas unidades económicas presentan un alto coeficiente debido a que dependen del suministro de energía de manera

significativa, en relación con su producción. Los servicios ofrecidos por estos corporativos y holdings dependen ampliamente del uso de tecnologías de la información, las cuales incluyen maquinaria de oficina e infraestructura de redes y telecomunicaciones, cuyo consumo de electricidad para el funcionamiento de los dispositivos en conjunto con el consumo indirecto de energía al usar Internet, hace a estas unidades económicas de las más dependientes del suministro energético en el estado (Fourcroy et al., 2011)

En el caso de los servicios de esparcimiento cultural, como teatros, cines, museos, entre otros, estas unidades requieren energía de manera directa por su uso de servicios de luz y agua, debido a la necesidad de equipos de iluminación, sonido y aire acondicionado, los cuales pueden llegar a consumir altas cantidades de energía. Aunque estos servicios también son utilizados por otras industrias, en las actividades culturales y corporativas constituyen la mayor parte de su estructura de costos y son un insumo vital para producir sus servicios. (Mairet y Decellas, 2009)

3.2 Crecimiento económico y estructuras sectoriales

Con base en datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en los últimos diez años, las actividades terciarias crecieron en promedio 2.4% anualmente, superando incluso al crecimiento del sector industrial (1.78%), lo cual muestra la reciente expansión que ha experimentado el sector servicios en la economía queretana.

Lo anterior, más que indicar que la industria crece a un ritmo bajo en comparación con los servicios, es el reflejo de la existencia de algunas industrias con tasas negativas y otras con muy bajo crecimiento, las cuales disminuyen la tasa de crecimiento promedio industrial. Sin embargo, al analizar las actividades industriales de manera individual, son las industrias manufactureras, como bebidas y tabaco, la industria alimenticia, la química, entre otras, las que presentan alto crecimiento destacando el sector de Otras industrias manufactureras con una tasa de 12.6%.

Así mismo, en este periodo (2012 a 2022), el sector terciario no solo representó entre el 50 y el 54% del PIB total estatal, superando al industrial (44-46%), sino que también, empleó entre el 58% y el 62% de la población ocupada del estado, convirtiéndose en el mayor empleador (INEGI, 2012-2022).

Esta expansión del sector servicios en la economía, tanto en la producción como en empleabilidad, más que representar la tercerización de la economía o un proceso de desindustrialización, refleja la constitución de una estructura económica más integrada, en la que la relación industria-servicios explica en sí misma, el crecimiento del sector terciario (Cuadrado, 2016).

3.3 Economía servindustrial y su demanda energética

El acelerado proceso de urbanización dentro del estado y el reciente crecimiento de su metrópoli han incidido en la demanda de servicios, sin embargo, el crecimiento de las actividades terciarias se debe principalmente a los nuevos modelos organizativos de las industrias que buscan eficiencia y reducción de costes. Al integrar el *outsourcing,* las industrias subcontratan empresas del sector terciario para servicios que originalmente se llevaban a cabo *in-house,* como la contabilidad, las finanzas, la comercialización, etc. Esta nueva constitución del sector servicios como inputs directos e indirectos de la industria, genera un círculo virtuoso en el que el crecimiento de la industria impulsa significativamente el crecimiento de los servicios a empresas, como es el caso de los corporativos y financieros, constituyendo la economía queretana como *"servindustrial"* (Cuadrado, 2016).

Ahora bien, al analizar los coeficientes de Leontief junto con el crecimiento de las diferentes actividades económicas, se observa que, aunque en promedio las actividades industriales son más dependientes del sector energético local, han crecido a un ritmo mucho menor que el sector servicios. Por lo que, debido a su moderado

crecimiento, la demanda energética del sector industrial se ha mantenido moderada en los últimos 10 años.

Excepciones como otras industrias manufactureras (l=0.015). cuyo crecimiento fue mucho mayor al promedio, no afectan significativamente la demanda energética requerida, en comparación con otras actividades con mayor dependencia. El incremento en la demanda final de otras industrias manufactureras en los últimos diez años ha requerido solo un incremento mínimo por parte del sector energético (cada millón de pesos que incrementa la demanda final de otras industrias manufactureras, es necesario que la producción energética aumente en 15,000 pesos), en comparación con los incrementos requeridos por otros sectores con mayor coeficiente de Leontief.

El sector servicios, a pesar de no ser tan intensivo en energía como la industria ni tan dependiente en promedio, destaca en este análisis debido a su alto crecimiento económico, el cual ha superado al industrial tanto en términos promedios como a nivel individual, conteniendo a los sectores con mayor crecimiento dentro de toda la economía estatal; servicios de información masivos (10%), servicios financieros (8%) y corporativos (6.4%).

Este crecimiento, impulsado por la estructura económica "servindustrial" en la que los servicios empresariales son altamente demandados como insumos por la industria, junto con la alta dependencia del sector energético local por parte de los servicios corporativos, implica que cualquier problema en el suministro de energía puede afectar tanto la capacidad del sector de servicios corporativos para satisfacer la demanda final, como indirectamente, a la industria debido a su interdependencia. La alta integración económica del estado hace que cualquier interrupción energética tenga repercusiones amplias y complejas en otros sectores.

Por otro lado, los servicios de información masiva, comúnmente conocidos como centros de datos (datacenters), han experimentado un notable crecimiento económico en los últimos diez años, convirtiéndose en un foco de atención. Estos centros son percibidos como una amenaza para la oferta de energía del estado debido a su intensidad energética ya que, a diferencia de otras actividades económicas, los datacenters son extremadamente intensivos tanto por el consumo de energía de sus equipos como por el de sus tecnologías de control de humedad y temperatura, siendo su consumo 100 veces mayor por metro cuadrado que el de otros servicios (Sovacool et al, 2022).

Con base en su alto consumo energético y el considerable incremento en su demanda final, se podría esperar que fuera una de las unidades económicas con mayores aumentos en la demanda de energía local del sector. Sin embargo, resulta ser una de las industrias con menor impacto en el sector energético, presentando un coeficiente de Leontief l= 0.017. Esto indica que el notable crecimiento de los centros de datos en el estado no tiene un peso significativo en la demanda de energía local, por lo que este sector no representa una amenaza.

4) Discusión y Conclusiones

Identificar las unidades económicas clave en términos de demanda energética y expansión, así como entender los efectos recíprocos entre estas unidades y el sector energético, es crucial para determinar qué industrias son más vulnerables a fallas en el sistema eléctrico y cuáles podrían ser las consecuencias para la actividad económica en Querétaro. Esto es especialmente importante dada la interdependencia entre sectores y la estructura económica "servindustrial" del estado.

En particular, los hallazgos sobre los servicios corporativos y de esparcimiento cultural no solo destacan su dependencia del sector energético, sino que también sugieren la necesidad de diversificar sus fuentes de suministro energético. Este análisis abre el debate sobre la implementación de energías renovables, como los paneles solares, como estrategia para reducir la dependencia del suministro de energía local. Al reducir esta dependencia, en el caso de los holdings, se mitiga

el riesgo de interrupciones en la cadena productiva industrial.

En el caso de los servicios de esparcimiento cultural, su impacto en la calidad de vida de los ciudadanos también exige un análisis de las posibles consecuencias sociales derivadas de una alta dependencia del sector energético local. La introducción de energías renovables podría hacer que este sector sea más resiliente frente a fallas en el sistema eléctrico.

Cabe recalcar que el debate sobre las posibles fallas en el suministro energético se enmarca en el contexto actual tanto de México como a nivel mundial. En este entorno, el suministro de energía eléctrica puede, y en ocasiones ha sido, ineficiente debido a circunstancias como el sobreconsumo, la obsolescencia de la infraestructura y la falta de inversiones en tecnologías más sostenibles. Estas deficiencias pueden resultar en interrupciones del servicio y en costos elevados para las industrias y consumidores.

En cuanto a los centros de datos, los resultados actuales proporcionan una visión más completa de las condiciones actuales de la estructura económica y permiten realizar proyecciones sobre qué empresas podrían seguir creciendo sin enfrentar un riesgo inmediato de sobrepasar la capacidad del sector energético local. Como se mencionó anteriormente, los data centers, a pesar de su alta intensidad energética, gracias a sus avances tecnológicos mejoran la eficiencia energética y no incrementan en gran medida la demanda local de producción de energía eléctrica, por lo que, al no ser altamente dependientes del suministro energético local, las actividades económicas asociadas a estos centros, que son cruciales tanto para los servicios como para la industria, enfrentan un menor riesgo de verse afectadas por problemas en el suministro de energía.

5) Referencias bibliográficas

Secretaría de Energía (SENER). (2018). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) (2018-2023). https://www.cenace.gob.mx/Docs/16_MARCOREGULATORIO/Prodecen//08%202018-2032%20Cap%C3%ADtulos%201%20al%206.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Nuevo sistema de clasificaciones: Sistema de clasificación industrial de América del Norte (SCIAN) 2018* https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463909675.pdf

Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: Foundations and extensions*. Cambridge University Press

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2005), *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones*. https://repositorio.cepal.org/items/4629394d-118f-4828-8f0f-ddaae008072c

Artola Jarrín, V. E. (2009). *Evolución del consumo de energía primaria en el Ecuador entre los años 2000 y 2006: Un análisis de productos clave y descomposición estructural a través del modelo insumo-producto* (Tesis de doctorado, Programa de Doctorado en Economía Aplicada). Universidad Autónoma de Barcelona. https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00285.pdf

SEDESU. (2020). *Informe Anual de la Secretaría de Desarrollo Sustentable*. Gobierno del Estado de Querétaro. https://sedesu2.queretaro.gob.mx/firma/QUERETARO-COMPETITIVO-2020.pdf

SEDESU. (2021). *Informe Anual de la Secretaría de Desarrollo Sustentable*. Gobierno del Estado de Querétaro. https://sedesu2.queretaro.gob.mx/firma/AEE_2021_QUERETARO%20COMPETITIVO.pdf

SEDESU. (2022). *Informe Anual de la Secretaría de Desarrollo Sustentable*. Gobierno del Estado de Querétaro. https://sedesu2.queretaro.gob.mx/firma/2022-AEE-QUERETARO-COMPETITIVO.pdf

Fourcroy, Charlotte, et al. *Challenging the Myth of Non-Materiality. Energy Consumption in Service Industries.* 2011. *shs.hal.science*, https://shs.hal.science/halshs-01114002.

Mairet, Nicolas, y Fabrice Decellas. «Determinants of Energy Demand in the French Service Sector: A Decomposition Analysis». *Energy Policy*, vol. 37, n.º 7, julio de 2009, pp. 2734-44. *DOI.org (Crossref)*, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.002.

Cuadrado Roura, J. R. (2016). ¿Acabaremos trabajando todos en servicios? *Cuadernos de Información Económica, 250*(enero-febrero), 15-30. https://www.funcas.es/wp-content/uploads/Migracion/Publicaciones/PDF/2011.pdf#page=83

Sovacool, Benjamin K., et al. «Making the Internet Globally Sustainable: Technical and Policy Options for Improved Energy Management, Governance and Community Acceptance of Nordic Datacenters». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 154, febrero de 2022, p. 111793. *DOI.org (Crossref)*, https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111793.

Narrativas de violencia de género: feminicidios en la prensa en Querétaro

Gender violence narratives: femicide in Querétaro's press coverage

Mariana Cruz Reséndiz y Erick Cruz Mendoza, Universidad Autónoma de Querétaro
Correspondencia: mariana.cruz.050501@gmail.com y erick.cruz@uaq.mx

Resumen

Este estudio analiza la representación del feminicidio en la prensa local de Querétaro y su difusión en redes sociales, especialmente en Facebook, durante marzo de 2023. Considerando que el feminicidio, definido por ONU Mujeres como el asesinato de una mujer por su género, representa una forma extrema de violencia patriarcal, este problema se ha vuelto alarmante en México, alcanzando 426 feminicidios en el primer semestre de 2023. A nivel estatal, un 75.2% de mujeres mayores de 15 años en Querétaro han experimentado algún tipo de violencia (ENDIREH 2021). El trabajo examina cómo los medios El Universal, Diario de Querétaro y Noticias de Querétaro abordan esta problemática, cómo se involucran los usuarios de Facebook, y el uso del término "feminicidio" en los titulares. Los hallazgos buscan sensibilizar a la opinión pública en torno a la violencia de género y a la importancia de las redes sociales en la generación de conciencia social.

Palabras clave: Feminicidio, mujer, hallazgo, usuario, red social.

Abstract

This study analyzes the representation of femicide in local press coverage in Querétaro and its dissemination on social media, particularly on Facebook, during March 2023. Given that femicide, defined by UN Women as the killing of a woman because of her gender, represents an extreme form of patriarchal violence, this issue has reached alarming levels in Mexico, with 426 femicides recorded in the first half of 2023. At the state level, 75.2% of women over the age of 15 in Querétaro have experienced some form of violence (ENDIREH 2021). This study examines how the media outlets El Universal, Diario de Querétaro, and Noticias de Querétaro address this issue, how Facebook users engage with these reports, and the use of the term "femicide" in headlines. The findings aim to raise public awareness about gender-based violence and underscore the role of social media in fostering social consciousness.

Keywords: Femicide, women, find, user, social network.

Introducción

El feminicidio, definido por ONU Mujeres como el asesinato de una mujer por el hecho de serlo, es una manifestación extrema y brutal de violencia en una sociedad patriarcal. En México, esta problemática ha alcanzado niveles alarmantes: sólo en junio de 2023, se registraron 80 feminicidios, el número mensual más alto del año, y el total de asesinatos de mujeres por razones de género durante el primer semestre alcanzó los 426, según datos del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. Para el final del año, el país contabilizó 827 víctimas de feminicidio, una cifra que refleja una profunda crisis de violencia de género y cuestiona la efectividad de las instituciones de seguridad pública.

En Querétaro, el panorama también es preocupante. Datos de la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH 2021) señalan que el 75.2% de las mujeres mayores de 15 años ha experimentado algún

tipo de violencia. Aunque la Fiscalía General del Estado informó una disminución en los feminicidios en comparación con el año anterior, Querétaro reportó 10 casos en 2023, con 4 de ellos ocurridos en los meses de marzo y mayo. Estos hechos han motivado a organizaciones civiles y a la sociedad en general a movilizarse y protestar, en un esfuerzo por visibilizar y enfrentar esta violencia sistemática contra las mujeres.

Con la transición hacia el consumo digital de noticias, especialmente en redes sociales, la información sobre violencia de género en Querétaro se ha vuelto más accesible. A través de plataformas como Facebook, los usuarios se exponen a una constante difusión de noticias de medios locales sobre feminicidios, lo cual puede sensibilizar y movilizar a la opinión pública. En este contexto, la investigación plantea responder: ¿cómo representa la prensa local queretana el feminicidio en notas periodísticas publicadas en la red social Facebook? De manera específica, indaga en cómo los medios El Universal, Diario de Querétaro y Noticias de Querétaro representan el feminicidio, cómo participan los usuarios de Facebook en las notas informativas y de qué forma emplean el término "feminicidio" en los titulares.

El objetivo principal de este estudio es analizar los titulares y el contenido de las notas periodísticas sobre feminicidio que fueron publicadas en marzo de 2023 por estos tres medios locales en Facebook. Este trabajo busca sensibilizar a los usuarios y grupos sociales respecto al término de violencia de género, además de destacar la importancia y el valor de la opinión pública generada en redes sociales a partir de estas noticias. Asimismo, contribuye al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 5, que busca lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas, promoviendo la eliminación de la violencia. De igual forma, se alinea con el ODS 16 al fomentar el acceso a información fiable y transparente como base para construir sociedades pacíficas y justas.

Metodología

El presente estudio adoptó un enfoque cualitativo, orientado a explorar los aspectos naturales y significativos de las acciones sociales en el contexto de la violencia de género. De acuerdo con Álvarez-Gayou et al. (2003), la investigación cualitativa se caracteriza por su enfoque multimetódico, el cual incluye un acercamiento interpretativo y naturalista al sujeto de estudio. Esto implicó que el investigador se centrará en el estudio de fenómenos en sus entornos naturales, buscando interpretar los significados que las personas les asignan.

Por otro lado, Blasco y Pérez (2007:25) enfatizan que la investigación cualitativa tiene como objetivo estudiar la realidad, extrayendo e interpretando fenómenos a partir de las experiencias de las personas implicadas.

Desde esta perspectiva, la investigación cualitativa se entiende como un "conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo 'visible', lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos" (Hernández-Sampieri et al., 2010: 9). Este enfoque requirió que la investigación se fundamentara en la observación y que se determinarán las técnicas de recopilación de datos, las cuales incluyeron un cuadro de análisis de contenido mediático diseñado a partir de cada nota publicada diariamente durante el mes de marzo.

Además, el estudio adoptó un enfoque descriptivo, proporcionando una visión general de la realidad y facilitando la formulación de hipótesis específicas. Según Dankhe (1986), este tipo de enfoque busca identificar y especificar las características esenciales de las personas, comunidades o fenómenos analizados.

Esto ayudó a identificar conceptos que pueden ser útiles para futuras investigaciones relacionadas con el tema. Así, se centró en la descripción del tratamiento mediático del feminicidio, el contexto de las notas informativas y la relación de los usuarios al leer este tipo de contenido en redes sociales.

Este trabajo se basó en fuentes mixtas, ya que la recolección de datos fue realizada por el investigador, dado que el tema es poco conocido. Aunque se encontraron investigaciones que abordaron términos relacionados con la violencia de género, las redes sociales y la audiencia, no se halló una referencia directa al tema específico de esta investigación. También se recopilaron datos

existentes y estudiados por otros investigadores que abordaron la problemática de la violencia de género.

Es importante rescatar los trabajos que exploran términos relacionados con la presente investigación; entre estos se encuentran el de Hernández (2018), el de Ordoñez (2022) y el de Fernández *et al.* (2023). Su enfoque se plasma en procesos socioculturales y contenidos digitales.

En cuanto a las técnicas de observación, para Zapata (2006) estas son procedimientos que el investigador utiliza para presenciar directamente el fenómeno en estudio. Este método permite al investigador interactuar con el fenómeno sin alterar o modificar alguna variable, lo que resulta en la obtención de datos descriptivos que reflejan la realidad del contexto analizado.

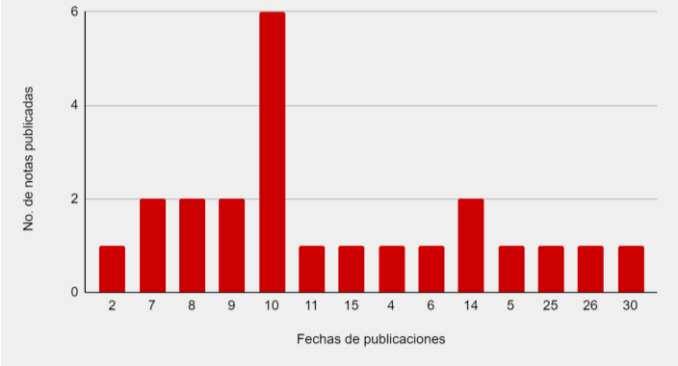
Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de contenido. Según Krippendorff (2018), los datos constituyen la base fundamental de esta técnica y representan la superficie sobre la que trabaja el especialista. El objetivo del análisis de contenido es adoptar un enfoque sistemático y objetivo en las cuestiones de medición, con la cuantificación como un aspecto clave (Franzosi, 2007).

La recopilación de información se llevó a cabo de manera transversal, enfocándose en un período específico del 1 al 31 de marzo de 2023. Este mes fue relevante, ya que se conmemoró el Día Internacional de la Mujer y se presentaron casos de violencia de género en Querétaro. Durante este tiempo, los medios informativos El Universal, Diario de Querétaro y Noticias publicaron notas periodísticas a través de Facebook para el alcance de la sociedad. El muestreo fue orientado (Serbia, 2007), de esta manera se asume que los resultados no buscan la representatividad estadística, sino que pretenden ofrecer información relevante y significativa para comprender el fenómeno en cuestión.

Resultados

En el estudio de las notas periodísticas se obtuvo una muestra de 23 notas. El cuadro de análisis se diseñó en 6 rubros: fecha de publicación, titular de la nota, palabras clave, indicador de comentarios, indicador de reacciones e indicador de compartidos.

Gráfico 1. Notas publicadas en marzo de 2023

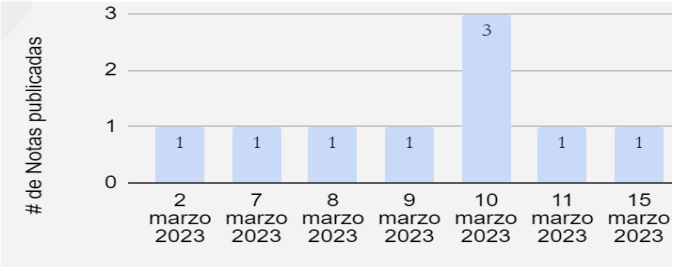


Fuente: elaboración propia.

El Universal Querétaro

Como se observa en el Gráfico 2, se muestran los días que publicó el medio local El Universal y el total de notas difundidas a través de su red social Facebook. El día que más notas publicó fue el 10 de marzo: *Feminicida de niña Victoria, condenado a 50 años de prisión, Feminicidio en colonia Felipe Carrillo Puerto y Un año después, llega la justicia para Victoria Guadalupe; la niña fue agredida en Querétaro.*

Gráfico 2. Notas publicadas en marzo de 2023: El Universal Querétaro



Fuente: elaboración propia.

Los periodistas usaron términos clave en las notas como: cuerpo, feminicidio, agresión, justicia. Como se demuestra en el Gráfico 3, podemos señalar que los conceptos utilizados describen la situación dada.

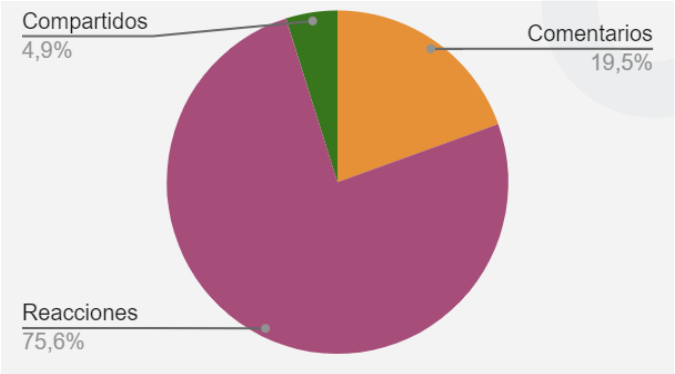
Gráfico 3. Palabras más utilizadas: El Universal Querétaro



Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en los rubros de reacciones, comentarios, reacciones y compartidos determina la participación de los usuarios activos de Facebook. Bajo estos indicadores, se determinó el grado de participación y percepción de cada persona que visualiza la nota durante su navegación en la red social digital. Como se puede ver en el Gráfico 4, la manera en que más interactúan los usuarios es reaccionando a la publicación.

Gráfico 4. Formas de interacción del usuario: El Universal Querétaro



Fuente: elaboración propia.

Diario de Querétaro

En la Tabla 1, correspondiente al medio Diario de Querétaro, se puede observar que durante el mes de marzo del año 2023, sólo se publicaròn 5 notas sobre feminicidio. De acuerdo a los titulares, el contenido periodístico expone dos casos que sucedieron en el estado: caso de Carolina y caso de Guadalupe; de acuerdo a como iban avanzando las investigaciones, el medio daba seguimiento para dar a conocer a la audiencia.

Tabla 1. Notas publicadas en marzo de 2023: Diario de Querétaro

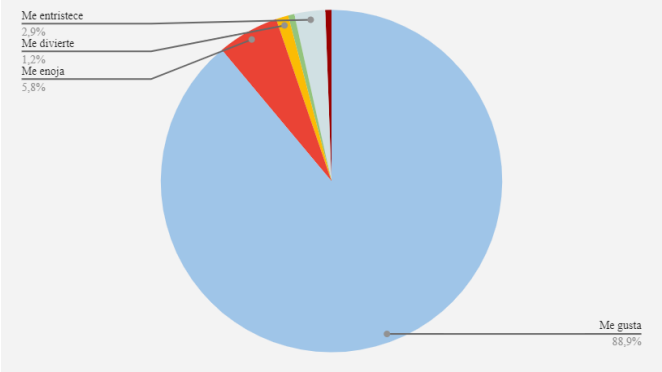
Fecha de publicación	Titular
4 marzo 2023	Detienen en Querétaro a presunto feminicida de Carolina
6 marzo 2023	Caso de Victoria Guadalupe se va a receso
9 marzo 2023	Buscan a presunto feminicida de Amazcala
10 marzo 2023	Detienen a presunto feminicida de Amazcala
14 marzo 2023	Ningún feminicidio quedará impune: Mauricio Kuri

Fuente: elaboración propia.

La particpaciòn ciudadana a través de la navegaciòn de la red social, bajo los rubros

presentados en la tabla, nos indican cuantas reacciones generó la nota, entre ellos los me gusta, los me divierte y los me encanta, símbolos que expresan la opinión pública respecto a la nota que el medio local comparte a través de su página.

Gráfico 5. Reacciones del usuario: Diario de Querétaro



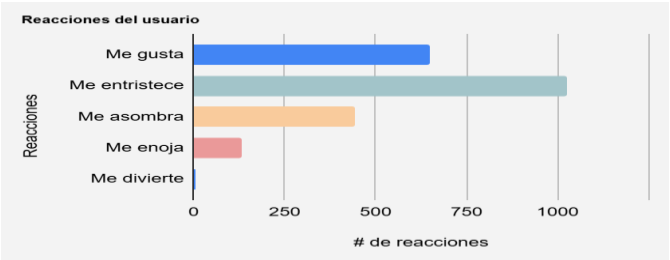
Fuente: elaboración propia.

Dentro del cuadro de análisis, también podemos referir que las palabras expresadas en cada nota, nos da pauta de lo que tratará la nota, así como, el seguimiento que le dan los periodistas a los casos ocurridos en la entidad.

Noticias. La verdad cada mañana

El medio local publicó un total de 9 notas periodísticas a través de Facebook. A partir del cuadro de análisis que se utilizó, destaca una nota publicada el 8 de marzo, fecha en que se conmemora internacionalmente a la mujer, los usuarios activos de Facebook reaccionaron a la publicación. Como se puede observar en el gráfico 5, el titular "Hallan a mujer sin vida y enterrada en una zanja" presentó con un total de 1,025 me entristece, seguido por 648 me gusta y 445 me asombra.

Gráfico 6. Reacciones del usuario: Diario de Querétaro



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Notas publicadas el 9 de marzo de 2023: Diario de Querétaro

Titular	Palabras clave	Comentarios	Reacciones	Compartidos
Video. ¡Ni una más! Feministas vuelven a protestar en Querétaro por la muerte de otra mujer	Ni una más	3 comentarios	24 Me gusta	4 compartidos
	Justicia		13 Me entristece	
	Feminicidio		5 Me encanta	
			1 Me importa	
			1 Me divierte	
			1 Me asombra	
			1 Me enoja	

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, el día 09 de marzo de 2023, fecha en que se conmemora el Día Nacional sin Nosotras, el portal de Noticias, compartió una nota bajo el titular "!¡Ni una más! Feministas vuelven a protestar en Querétaro por la muerte de una mujer". A través de Facebook, los usuarios compartieron la noticia, justamente, es la nota que más se compartió a diferencia del resto de las otras.

Discusión y conclusiones

A partir de la elaboración del marco de análisis de contenido mediático, se plasmaron los titulares de cada medio local queretano para identificar el tratamiento del término feminicidio, asimismo se agregaron columnas que permiten visualizar el alcance de la nota periodística a través de la red de Facebook, desde la fecha de publicación hasta ahora.

El análisis de las notas periodísticas difundidas por los medios locales de Querétaro a través de Facebook evidencia patrones importantes en la cobertura de casos de feminicidio durante marzo de 2023. Medios como *El Universal Querétaro* destacaron por la frecuencia y diversidad de publicaciones, con un énfasis en términos clave como "feminicidio", "justicia" y "agresión", que estructuran el discurso mediático y sensibilizan a la audiencia. En contraste, *Diario de Querétaro* mostró una menor actividad, con sólo cinco notas que

centraron su contenido en dar seguimiento a dos casos específicos. Mientras tanto, *Noticias. La Verdad Cada Mañana* presentó una cobertura intermedia, destacando especialmente en días emblemáticos como el 8 y 9 de marzo, donde las publicaciones generaron mayor interacción en términos de reacciones y compartidos. Estos datos revelan una disparidad en la intensidad y enfoque de la cobertura mediática, lo que podría influir en la percepción pública de los feminicidios y la movilización social hacia el problema.

La participación de los usuarios de Facebook frente a las notas periodísticas sobre feminicidio reflejó una interacción significativa, especialmente en reacciones emocionales como *me entristece* y en acciones de compartir, que amplifican el alcance del contenido. Este comportamiento destaca el potencial de las redes sociales como espacios de sensibilización y construcción de opinión pública en torno a la violencia de género. Sin embargo, la variabilidad en el número de publicaciones entre los tres medios estudiados plantea preguntas sobre el compromiso y la consistencia en la cobertura de esta problemática. A pesar de las diferencias, el uso de términos clave y la visibilidad de los casos en días conmemorativos refuerzan el papel de los medios como agentes clave en la construcción de narrativas que abordan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en la promoción de la igualdad de género y la erradicación de la violencia hacia las mujeres (ODS 5).

Queda por concretar detalladamente la relación entre los resultados obtenidos a partir del cuadro de análisis con los objetivos establecidos en el presente trabajo de investigación. Además, se añade un gráfico en el que muestra los días en los que más se publicaron noticias sobre feminicidio.

Referencias bibliográficas

Alejandra, F. M. I. (2022). Violencia de género y medios de comunicación, estudio en el sector de Zabala. https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/5102

Álvarez-Gayou, J. L. (2003). Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología.

Cebra. (2020, 19 mayo). *Redes sociales y sus buenas prácticas - Agencia Cebra*. Agencia Cebra. https://www.cebra.cl/blog/redes-sociales-y-sus-buenas-practicas/

Del Consumidor, P. F. (s. f.). *La "Ley Olimpia" y el combate a la violencia digital*. gob.mx. https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/la-ley-olimpia-y-el-combate-a-la-violencia-digital?idiom=es

Del Estado De Hidalgo, U. A. (s. f.-b). *La investigación cualitativa*. https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n3/e2.html#nota0

De Las Mujeres De La Ciudad De México, S. (s. f.). *Violencia contra las mujeres en el espacio digital*. Secretaria de las Mujeres de la Ciudad de México. https://semujeres.cdmx.gob.mx/violencia-digital#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20Violencia%20Digital,la%20intimidad%20de%20una%20persona.

Documento orientativo para informar sobre la violencia digital: Guía práctica de referencia para periodistas y medios de comunicación. (s. f.). Fondo de Población de las Naciones Unidas. https://www.unfpa.org/es/resources/Documento-orientativo-para-informar-sobre-violencia-digital#:~:text=Las%20mujeres%20y%20las%20ni%C3%B1as%20v%C3%ADctimas%20de%20la%20violencia%20digital,en%20el%20mundo%20real%2C%20etc.

El tratamiento de la violencia de género en los medios de comunicación: el caso Nevenka. - Universidad de Zaragoza Repository. (2022). https://zaguan.unizar.es/record/124973#

Fernández, C. (2023). *Violencia de género en medios informativos* [trabajo de titulación]. Universidad laica vicente rocafuerte de guayaquil.

Franzosi, R. (2008). Content analysis: Objective, systematic, and quantitative description of content. *Content analysis*, 1(1), 21-49.

Hernández, M., & Elena, M. (2018). La Representación Mediática de los Feminicidios en los Periódicos Locales de Nayarit. *Universidad de Guadalajara*. https://www.riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/81435

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.

La violencia contra la mujer: definición - Delegació del Govern contra la Violència de Gènere. (s. f.). https://violenciagenero.igualdad.gob.es/ca/definicion/home.htm

Martín Jiménez, V., Etura Hernández, D., & Ballesteros Herencia, C. (2016). Jóvenes universitarios, medios de comunicación y violencia de género. Una aproximación cuantitativa en torno a los estudiantes de Periodismo. Revista Latina de Comunicación Social, (71), 891-911.

Pozo, C. (2021). *Percepciones de los jóvenes universitarios sobre la violencia de género* [Trabajo de fin de máster]. Universidad de Almería.

Serbia, J. M. (2007). Diseño, muestreo y análisis en la investigación cualitativa. *Hologramática*, 4(7), 3.
Violencia contra las mujeres: nuevas miradas desde la fenomenología. (s. f.). Google Books. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W6m0EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA77&dq=percepcion+de+violencia+de+genero+en+redes+sociales&ots=Sh7SJU_d5a&sig=p_3pjuz68slCxOUwFl3w_YDAaHA#v=onepage&q=percepcion%20de%20violencia%20de%20genero%20en%20redes%20sociales&f=false
Violencia digital. (2023). Infoem. Recuperado 10 de diciembre de 2023, de https://www.infoem.org.mx/es/iniciativas/micrositio/violencia-digital
Vista de memes de internet y violencia de género a partir de la protesta feminista #UnVioladorEnTuCamino. (s. f.). https://www.revistavirtualis.mx/index.php/virtualis/article/view/337/383
Vista de patrones socioculturales sobre feminidad, comunicación mediática y violencia hacia mujeres, en provincia de El Oro. (s. f.). https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/societec/article/view/223/511

Anexos

Tabla 1. Cuadro de análisis de notas periodísticas en marzo 2023: El Universal Querétaro

Querétaro El Universal El Gran Diario de México

Fecha	Titular	Palabra clave	Indicador (Comentarios)	Indicador (Reacciones)	Indicador (Compartidos)
2 marzo 2023	Video. "es una pérdida que jamás se va a reparar"; familiares dan el último adiós a Carolina Islas	Estrangulamiento Muerte	0 comentarios	4 Me gusta 3 Me enoja 2 Me entristece	2 compartidos
7 marzo 2023	Iván, pareja sentimental de Carolina Islas, vinculado a proceso por feminicidio	Reclasificación Delito Feminicidio	0 comentarios	3 Me gusta	0 compartidos
8 marzo 2023	En vísperas del 8M, localizan el cuerpo de una mujer en Querétaro	Localizó Cuerpo Mujer	6 comentarios	7 Me gusta 6 Me entristece 2 Me asombra 2 Me enoja	1 compartido
9 marzo 2023	Video. ¡Ni una más! Feministas vuelven a protestar en Querétaro por la muerte de otra mujer	¡Ni una más! Justicia Feminicidio	3 comentarios	24 Me gusta 13 Me entristece 5 Me encanta 1 Me importa 1 Me divierte 1 Me asombra 1 Me enoja	4 compartidos
10 marzo 2023	Feminicida de niña Victoria, condenado a 50 años de prisión	Feminicidio	6 comentarios	8 Me gusta 2 Me divierte	0 compartidos
10 marzo 2023	Feminicidio en colonia Felipe Carrillo Puerto	Agresión	6 comentarios	8 Me gusta 2 Me divierte	0 compartidos
10 marzo 2023	Un año después, llega la justicia para Victoria Guadalupe; la niña fue agredida en Querétaro	Vida Agresor Justicia Sentenciado	2 comentarios	16 Me gusta 2 Me entristece	1 compartido
11 marzo 2023	Investigan feminicidio en Amazcala, Querétaro	¡Ni una más¡ Hallado Cuerpo	6 comentarios	10 Me gusta	0 compartidos
15 marzo 2023	Dan 50 años de cárcel a feminicida de Victoria Guadalupe	Pena máxima	3 comentarios	11 Me gusta	0 compartidos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Cuadro de análisis de notas periodísticas en marzo 2023: Diario de Querétaro

Diario de Querétaro

Fecha	Titular	Palabra clave	Indicador (Comentarios)	Indicador (Reacciones)	Indicador (Compartidos)
4 marzo 2023	Detienen en Querétaro a presunto feminicida de Carolina	Feminicidio Hallada Presunto	0 comentarios	31 Me gusta	0 compartidos
6 marzo 2023	Caso de Victoria Guadalupe se va a receso	Feminicidio Juez Pruebas	3 comentarios	12 Me gusta 10 Me enoja 1 Me divierte 1 Me asombra	1 compartido
9 marzo 2023	Buscan a presunto feminicida de Amazcala	Feminicidio Aprehensión	2 comentarios	49 Me gusta 5 Me entristece 1 Me encanta 1 Me divierte	2 compartidos
10 marzo 2023	Detienen a presunto feminicida de Amazcala	Detenido Feminicidio	0 compartidos	60 Me gusta	3 compartidos
14 marzo 2023	Ningún feminicidio quedará impune: Mauricio Kuri	Feminicidios	0 comentarios	3 Me gusta	0 compartidos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Cuadro de análisis de notas periodísticas en marzo 2023: Noticias

Noticias La Verdad Cada Mañana

Fecha	Titular	Palabra clave	Indicador (Comentarios)	Indicador (Reacciones)	Indicador (Compartidos)
5 marzo 2023	Cae en Querétaro presunto asesino	Feminicidio Desaparición Asesinato	2 comentarios	83 Me gusta	1 compartido
7 marzo 2023	Inicia audiencia de juicio en Caso Victoria	Feminicida Violacion Muerte	325 comentarios	977 Me gusta 645 Me enoja 43 Me entristece 31 Me asombra 6 Me encanta 2 Me divierte	181 compartidos
8 marzo 2023	Hallan a mujer sin vida y enterrada en una zanja	Mujer Hallazgo Enterrada	203 comentarios	1,025 Me entristece 648 Me gusta 445 Me asombra 131 Me enoja 4 Me divierte	390 compartidos
10 marzo 2023	Dictan sentencia para asesino de Victoria Guadalupe	Asesino Feminicida Muerte	543 comentarios	1,753 Me gusta 497 Me encanta 47 Me enoja 13 Me entristece 9 Me asombra 6 Me encanta 4 Me divierte	208 compartidos
10 marzo 2023	La apuñaló y le lanza bomba molotov	Apuñala Muerte Asesinato Mujer	208 comentarios	393 Me gusta 317 Me enoja 258 Me entristece 74 Me asombra 6 Me encanta	125 compartidos
				1 Me importa 1 Me divierte	
14 marzo 2023	Vinculan a proceso a feminicida de Amazcala	Feminicidio Hombre	3 comentarios	13 Me gusta 1 Me encanta	0 compartidos
25 marzo 2023	Localizan a mujer sin vida en el Hotel Los Alcatraces	Mujer vida	88 comentarios	279 Me gusta 134 Me asombra 90 Me entristece 15 M encanta 9 M enoja 1 Me divierte	49 compartidos
26 marzo 2023	La encuentran muerta, estaba reportada como no localizada	Muerta Mujer	80 comentarios	440 Me gusta 207 Me entristece 160 Me asombra 610 Me enoja 2 Me encanta	52 compartidos
30 marzo 2023	Detenido agresor de mujer	Detenido Agresión	20 comentarios	357 Me gusta	5 compartidos

Fuente: elaboración propia.

La voz de la Discapacidad. Programa Audiovisual Inclusivo

Daniel Hernández Aguilar

dhernandez168@alumnos.uaq.mx

Asesor(a): Rosario Barba González

rosario.barba@uaq.mx

Resumen:

El programa "La voz de la Discapacidad" es una iniciativa audiovisual inclusiva que tiene como objetivo visibilizar las experiencias y perspectivas de las personas con discapacidad. A través de entrevistas y testimonios, el programa aborda cuestiones esenciales como la accesibilidad y la inclusión, promoviendo una mayor comprensión de las barreras que estas personas enfrentan en su vida cotidiana. La metodología del proyecto se centra en la participación activa de individuos con discapacidad en el diseño y la producción del contenido, lo que garantiza que sus voces sean representadas de manera auténtica y significativa. Se han incorporado elementos gráficos accesibles, tales como subtítulos y señales visuales, para mejorar la experiencia de la audiencia, especialmente para quienes tienen discapacidades auditivas y visuales. La grabación se realizó en un entorno profesional, asegurando altos estándares de calidad en audio y video. Los resultados del programa indican un impacto positivo en la sensibilización de la sociedad sobre la importancia de la inclusión y el acceso equitativo a la información. Este proyecto no solo cumple con los objetivos de accesibilidad, sino que también establece un modelo que puede ser replicado en futuras producciones inclusivas en medios de comunicación, contribuyendo así a un cambio social significativo hacia una mayor inclusión.

Palabras clave: inclusión, discapacidad, accesibilidad, diseño gráfico, producción audiovisual.

Abstract:

The program "The Voice of Disability" is an inclusive audiovisual initiative aimed at highlighting the experiences and perspectives of individuals with disabilities. Through interviews and testimonies, the program addresses essential issues such as accessibility and inclusion, fostering a deeper understanding of the barriers these individuals face in their daily lives. The project's methodology emphasizes the active participation of people with disabilities in the design and production of the content, ensuring their voices are authentically and meaningfully represented. Accessible graphic elements, such as subtitles and visual cues, have been incorporated to enhance the experience for the audience, particularly for those with hearing and visual disabilities. The recording took place in a professional environment, ensuring high standards of quality in audio and video. The program's results indicate a positive impact on

raising societal awareness about the importance of inclusion and equitable access to information. This project not only meets accessibility goals but also establishes a replicable model for future inclusive media productions, thereby contributing to significant social change toward greater inclusion.
Keywords: inclusion, disability, accessibility, graphic design, audiovisual production.

"El prejuicio es una barrera tremenda, la gente piensa que no podemos, que no sabemos" (Abreu Lara, 2022, citado en ATEDI UAQ, 2023)

En México, el 5.7% de la población, es decir, 7,168,178 de los 126 millones de habitantes totales, vive con alguna discapacidad o condición mental, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021). Entre 2012 y junio de 2018, el Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación (Conapred) registró 1,482 expedientes de presuntos actos de discriminación hacia personas con discapacidad, lo que la sitúa entre las principales causas de quejas (Conapred, 2018).

Según una encuesta del CERMI Estatal, un 37% de las personas con discapacidad ha percibido discriminación en el ámbito educativo, un 35.6% en el acceso al transporte público, un 14.3% en la atención sanitaria y un 13.2% en el derecho de admisión a ciertos lugares. Estos porcentajes reflejan experiencias de trato diferencial en sectores clave.

En México, el artículo 1o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece de manera categórica la prohibición de toda forma de discriminación, subrayando su compromiso con la protección de los derechos humanos y la dignidad de las personas. El quinto párrafo de este artículo enuncia claramente que queda prohibida toda discriminación basada en diversos motivos como el origen étnico, género, edad, discapacidades, condición social, religión, entre otros, con el objetivo de asegurar la igualdad de derechos y libertades. La Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación, que reglamenta este principio constitucional, se centra en prevenir y erradicar cualquier forma de discriminación, promoviendo la igualdad de oportunidades y trato para todas las personas. Esta ley también destaca que el Estado tiene la responsabilidad de crear las condiciones necesarias para que la libertad y la igualdad sean efectivas, eliminando los obstáculos que impidan el pleno desarrollo y participación en la vida pública de los ciudadanos (CNDH, 2018).

El prejuicio y la discriminación hacia las personas con discapacidad continúan siendo problemas profundamente arraigados en la sociedad. Esta percepción refleja una falta de comprensión generalizada sobre lo que significa vivir con una discapacidad, alimentada por la desinformación. La ignorancia sobre las necesidades de las personas con discapacidad se traduce en barreras cotidianas, como la exclusión del ámbito laboral, donde un 13,2% de las personas con discapacidad ha reportado sufrir discriminación de manera reiterada, y un 32,4% la ha experimentado ocasionalmente

(Jiménez Lara, A., & Huete García, A., 2002).

La falta de visibilidad es un problema central en esta discriminación, ya que la sociedad, en gran medida, desconoce los retos diarios que enfrentan las personas con discapacidad. Esta invisibilidad refuerza la exclusión y limita la creación de entornos accesibles en el transporte, el empleo, la educación y la atención sanitaria. No se trata únicamente de implementar estrategias de sensibilización tradicionales, sino de abrir espacios donde las personas con discapacidad puedan compartir sus necesidades, quejas y perspectivas sobre una sociedad que no está diseñada para ellos.

Este trabajo propone desarrollar un programa audiovisual que sirva como una plataforma inclusiva y accesible, en la que las personas con discapacidad visual y auditiva puedan participar activamente y visibilizar sus experiencias. Con intérpretes de lengua de señas, subtítulos y elementos gráficos y sonoros, el programa busca facilitar la comprensión y promover un entendimiento colectivo sobre vivir con discapacidad. Al poner en el centro sus voces, se promueve la sensibilización y el cambio cultural necesario hacia una sociedad más inclusiva y equitativa.

Actualmente, la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), en colaboración con la Coordinación de Atención al Estudiante con Discapacidad (ATEDI), no cuenta con un programa similar que integre estos elementos accesibles. Este proyecto pretende llenar ese vacío, promoviendo la inclusión desde una perspectiva audiovisual y ofreciendo un espacio donde las personas con discapacidad puedan expresarse y ser escuchadas. El objetivo es desafiar las percepciones comunes, romper las barreras de la desinformación y, en última instancia, generar una mayor conciencia social.

La discriminación hacia las personas con discapacidad es un fenómeno ampliamente documentado que se manifiesta en múltiples ámbitos, incluyendo el empleo, la educación, el transporte y la atención sanitaria. Según la Organización Mundial de la Salud (2021), aproximadamente 1.3 mil millones de personas en el mundo viven con alguna forma de discapacidad, y enfrentan barreras significativas que limitan su participación plena en la sociedad. Investigaciones han mostrado que la percepción negativa y la falta de comprensión sobre las discapacidades son factores que perpetúan estas actitudes discriminatorias (Krahn, Goodman, & Field, 2015).

La producción de contenido audiovisual accesible, que podría contribuir a paliar la cuestión de la falta de visibilidad, presenta desafíos en cuanto al acceso a la información y la participación de personas con discapacidades visuales y auditivas. Programas como “Un podcast en grande” (INETV, 2019) y “¿Incluir o Aceptar? - Podcast sobre Discapacidad” (¿Incluir o Aceptar? - Podcast sobre Discapacidad, 2021) reflejan estos retos, ya que no incorporan elementos que faciliten la comprensión para dichos

grupos. Esto resalta la necesidad de adaptar los recursos informativos en formatos accesibles, con el objetivo de facilitar el acceso y fomentar la participación en diversos entornos, atendiendo así a las diferentes capacidades de sus audiencias.

Por lo cual hacer un contenido audiovisual para personas con discapacidad auditiva, visual y sin condición de discapacidad, es fundamental.

En la búsqueda de programas similares se notan las carencias y que solamente están orientados hacia un solo sentido, ya sea auditivo o visual y su manera de distribución no es la más adecuada con formatos tan largos como de hasta 30 mins.

Estado de la cuestión

En la investigación sobre accesibilidad y producción audiovisual para personas con discapacidad, destacan dos enfoques primordiales que subrayan la necesidad de integrar herramientas inclusivas desde las etapas iniciales de diseño. Por un lado, el trabajo de Marín Mamani (2019) examina el principio de diseño universal aplicado a la accesibilidad audiovisual para personas con discapacidad auditiva, resaltando cómo los elementos de subtitulado, la interpretación en lengua de señas y otros componentes visuales complementarios deben estar integrados en los productos audiovisuales. Este enfoque busca asegurar que el contenido sea accesible en contextos variados, especialmente en entornos educativos y culturales, promoviendo una comprensión más amplia y sin restricciones para los usuarios con discapacidades auditivas. La propuesta de Marín Mamani enfatiza no solo la inclusión, sino también la adaptabilidad de los materiales a las necesidades específicas de cada grupo, lo que refleja una visión progresiva del diseño inclusivo como herramienta fundamental para la equidad en la comunicación visual.

Por otro lado, el estudio de Caicedo Santos y Posada Bustos (2022) se centra en el desarrollo de estrategias educomunicativas adaptadas a las necesidades de personas con discapacidad visual. La investigación explora la implementación de audio descripción y narrativas sonoras que permitan transmitir a los usuarios con discapacidad visual el contenido esencial de una obra audiovisual. Este enfoque no solo facilita el acceso a la información, sino que transforma la experiencia del espectador, promoviendo un rol más activo y participativo en la interacción con el contenido. De este modo, el diseño inclusivo se convierte en una herramienta que trasciende la simple adaptación técnica para convertirse en un medio de participación equitativa y de transformación cultural, que fomenta una sociedad más inclusiva y comprometida con la diversidad sensorial.

Diseño Gráfico como Herramienta de Comunicación y Cambio Social

El diseño gráfico se ha consolidado como un medio poderoso para la comunicación masiva. El uso del diseño gráfico como herramienta para generar impacto en la sociedad contemporánea tiene raíces profundas en la creación de identidad visual, el

marketing y las campañas de concientización (Heth, 2024). En el ámbito social, el diseño tiene la capacidad de influir en la percepción pública, ya sea para provocar cambios en los hábitos de consumo o para sensibilizar sobre problemáticas importantes, como la inclusión de personas con discapacidad.

En este contexto, las iniciativas que utilizan el diseño gráfico para generar conciencia sobre la inclusión de personas con discapacidad resultan vitales. Un espacio accesible permite que todos los usuarios sean más autónomos en su relación con el entorno (Slavin, 2017). La creación de productos audiovisuales accesibles para personas con discapacidad auditiva y visual, mediante el uso de subtítulos y la Lengua de Señas Mexicana, es un ejemplo claro de cómo el diseño gráfico puede contribuir a mejorar la calidad de vida de grupos marginados. Estas iniciativas, lejos de ser meramente funcionales, tienen el potencial de generar una transformación social al visibilizar las necesidades de las personas con discapacidad y al fomentar una sociedad más inclusiva y consciente.

El Diseño Gráfico en el Contexto de la Inclusión

La inclusión de personas con discapacidad en los medios de comunicación visual es una tarea urgente en la sociedad contemporánea. Según investigaciones recientes, los productos audiovisuales accesibles no solo mejoran la experiencia de los usuarios con discapacidad, sino que también sensibilizan a la sociedad en su conjunto sobre la importancia de un acceso equitativo a la información. Al diseñar elementos visuales accesibles, los diseñadores gráficos tienen el poder de amplificar las voces de las personas con discapacidad, destacando sus necesidades y experiencias.

Metodología

Este proyecto de investigación sigue una metodología de diseño integral que tiene como objetivo crear contenido accesible para personas con discapacidad. A continuación, se desglosan las fases clave del proceso de desarrollo, con énfasis en las herramientas y técnicas utilizadas en cada etapa para asegurar un resultado de alta calidad, accesibilidad y coherencia visual.

1. Planeación y Selección de Participantes

La primera fase del proyecto consistió en seleccionar a una persona con discapacidad que pudiera compartir sus experiencias y perspectivas. La invitación inicial fue extendida a través de ATEDI, institución que apoya a estudiantes con discapacidad. Luego de recibir la confirmación de participación, se diseñó una estructura para el programa audiovisual, con una serie de preguntas cuidadosamente preparadas para explorar temas relevantes. Esto ayudó a asegurar que el contenido fuera significativo tanto para la persona entrevistada como para el público, promoviendo una perspectiva inclusiva y empática desde el inicio.

2. Diseño Visual y Marca Gráfica

Una vez definidos los temas centrales del programa, se procedió a la creación de una marca gráfica para establecer la identidad visual del proyecto. Esta fase incluyó la conceptualización de un logotipo, diseñado en Adobe Illustrator, que funcionara como símbolo representativo del programa. Además, se creó una animación introductoria en Adobe After Effects, que serviría para presentar el contenido y transmitir profesionalismo.

En cuanto a los gráficos necesarios para mejorar la accesibilidad del programa, se diseñaron diversos elementos en Illustrator. Estos incluyeron globos de texto que enfatizan ciertos puntos, señalización visual que indica la traducción en Lengua de Señas Mexicana y marcas visuales para identificar la presencia de música. Todos estos elementos fueron pensados para facilitar la comprensión de la audiencia con discapacidad visual y auditiva, y asegurar una experiencia accesible.

3. Producción y Grabación

La grabación del programa se llevó a cabo en las instalaciones de TV UAQ, espacio que ofreció el equipamiento técnico adecuado, incluyendo una cabina de sonido y micrófonos de alta calidad. Se utilizó una cámara profesional y un trípode para captar las imágenes y garantizar la estabilidad de los planos. Además, el equipo de producción designó a un miembro de ATEDI como anfitrión, quien dirigió el desarrollo de las entrevistas y temas en el programa, garantizando un enfoque inclusivo y fluido en la conducción.

Durante la grabación, se cuidaron detalles técnicos y logísticos. La cámara y los micrófonos fueron ajustados para captar tanto el audio como el video con alta precisión, asegurando que las necesidades de calidad audiovisual del contenido fueran cumplidas. Adicionalmente, al finalizar el programa, se grabaron cortinillas de inicio y cierre, que darían cohesión al proyecto en su conjunto y reforzarían la identidad visual del programa.

4. Edición y Postproducción

Con la grabación completada, el proyecto entró en la fase de edición. Se utilizó el software Da Vinci Resolve para la edición de video como para el audio. La corrección de color y etalonaje fueron realizados con el objetivo de alinear la apariencia visual con los colores de la marca gráfica. Esta fase de colorización ayudó a unificar el tono visual y a resaltar los elementos más importantes de cada escena, así el contenido se mantiene atractivo y consistente.

En cuanto al audio, se realizó una ecualización minuciosa para asegurar claridad en las voces y eliminar cualquier ruido ambiental. La mezcla del audio permitió una experiencia de escucha uniforme y equilibrada. Posteriormente, se colocaron los gráficos creados previamente en Illustrator, integrándolos en las escenas correspondientes para facilitar la comprensión de la audiencia con discapacidad visual y auditiva. En DaVinci Resolve, se añadieron subtítulos descriptivos en cada segmento para cumplir con los requisitos de accesibilidad auditiva, permitiendo que todos los

espectadores, independientemente de sus capacidades auditivas, puedan seguir el contenido del programa.

5. Publicación y Difusión

Con el contenido finalizado, el siguiente paso fue su publicación y difusión. Se seleccionaron plataformas digitales accesibles para la publicación del video, asegurando que el programa alcanzara a un público amplio y diverso. Para maximizar el alcance y promover la participación, se diseñaron materiales publicitarios como carteles y reels en redes sociales, los cuales destacaron los temas y momentos clave del programa. La producción de estos elementos adicionales fue realizada en Adobe Illustrator, y los reels fueron editados en DaVinci Resolve para resaltar momentos significativos de la grabación, en especial aquellos en los que se abordaron problemas de accesibilidad en espacios no adaptados para personas con discapacidad.

La difusión en redes sociales incluyó fragmentos cortos que resumían puntos críticos discutidos en el programa. Estos clips cortos, o reels, fueron diseñados específicamente para captar la atención en plataformas digitales, destacando las dificultades a las que se enfrentan las personas con discapacidad en espacios públicos no adaptados. La estrategia de promoción se estructuró para generar un impacto visual inmediato y despertar interés en la audiencia, invitándola a reflexionar sobre la inclusión y la accesibilidad en la sociedad contemporánea.

Resultados

El proyecto culminó en un programa audiovisual inclusivo que permite a los espectadores con discapacidad auditiva o visual mantenerse informados en todo momento sobre lo que ocurre. La duración del programa, de aproximadamente 20 minutos, fue definida estratégicamente para cubrir a fondo los temas planteados sin perder el interés de la audiencia, especialmente al abordar temas sensibles y relevantes en torno a la accesibilidad y la inclusión, el programa se encuentra disponible en Youtube, a continuación el link: www.youtube.com/@atediuaq.

Desde la fase de preproducción, el enfoque se centró en diseñar gráficos visuales efectivos para informar sobre cada detalle importante, como el inicio de una música de fondo, el cambio de interlocutor, o la intervención de un intérprete en Lengua de Señas Mexicana (LSM). Elementos como globos de texto y señalizaciones visuales fueron diseñados en Adobe Illustrator con alto contraste y claridad, asegurando que cada gráfico no solo fuera estéticamente coherente con la identidad visual de la Coordinación de Atención al Estudiante con Discapacidad (ATEDI), sino también funcional y accesible para aquellos con baja visión.

La calidad del audio fue también una prioridad. Utilizando las instalaciones de TV UAQ con micrófonos de alta fidelidad y cabinas insonorizadas, se logró una captura sonora clara y profesional. Este material fue posteriormente procesado en DaVinci Resolve para la ecualización y mezcla, resultando en un audio nítido y bien

equilibrado. Con este tratamiento, se aseguraron voces claras y sin interferencias, lo cual es crucial para espectadores que dependen exclusivamente del audio.

La corrección de color y etalonaje fueron aplicados en Da Vinci Resolve para realzar los gráficos visuales, con colores vibrantes que mantienen la identidad visual y facilitan la percepción de los elementos en pantalla. En cuanto a las animaciones de introducción y cierre, estas fueron creadas en After Effects, brindando al programa una presentación profesional y un marco visual coherente. Esto ayudó a establecer un ambiente inclusivo desde el primer segundo, facilitando que la audiencia identifique el propósito y enfoque del contenido.

Los subtítulos son otro componente fundamental del programa. Estos fueron agregados minuciosamente, con sincronización exacta y una tipografía accesible que permite una fácil lectura, incluso en dispositivos móviles. Con esto, la información verbal se hace accesible para espectadores con discapacidad auditiva y garantiza que el mensaje llegue a una mayor audiencia. La precisión en la elección del tamaño, color y ubicación de los subtítulos hace que esta opción no solo sea funcional sino también visualmente atractiva y no invasiva.

En términos de accesibilidad, el programa se entiende tanto desde una perspectiva exclusivamente visual como desde una exclusivamente auditiva, proporcionando una experiencia completa y funcional para cualquier tipo de usuario. Esta versatilidad responde a la necesidad de un medio inclusivo en el que todos puedan recibir la misma información de manera equitativa.

Finalmente, la publicación y difusión del programa en redes sociales incluyó materiales promocionales como carteles y reels, en los cuales se presentaron los momentos más significativos. Estos fragmentos promovieron la reflexión y destacaron aspectos como la accesibilidad en espacios públicos. Al dirigirse a una audiencia amplia y diversa, el proyecto genera conciencia sobre la importancia de los medios inclusivos y fomenta un cambio positivo en la percepción social de la discapacidad.

El resultado final no solo cumple con el objetivo de accesibilidad, sino que también establece un estándar para futuras producciones inclusivas en medios. La integración de herramientas de diseño gráfico y de edición de video y audio optimizadas para accesibilidad hace de este programa un ejemplo de cómo la tecnología y el diseño pueden unirse para crear contenido realmente inclusivo, permitiendo que cada espectador, sin importar sus condiciones, reciba y comprenda el mensaje.

Conclusiones

Durante la producción del programa, se presentaron limitaciones y desafíos significativos. La falta de cámaras impidió contar con más de una toma y, en ocasiones, los invitados casi quedaron fuera del encuadre. La grabación estaba limitada a 30

minutos, lo que provocó cortes inesperados. Además, algunos miembros del equipo enfrentaron dificultades de tiempo y problemas técnicos con los micrófonos. La elaboración de subtítulos representó un reto, ya que podía llevar hasta 10 horas. Las aportaciones al diseño incluyeron la implementación de elementos accesibles y la adaptación visual del contenido. Estas decisiones mejoraron la organización y estética del programa, promoviendo un acceso equitativo y la participación activa de personas con discapacidad.

Referencias

Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación (Conapred). (2023). Ficha informativa sobre personas con discapacidad. https://www.conapred.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/Ficha-PcD.pdf

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2018). El derecho a la no discriminación. https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/cartillas/2015-2016/21-Discriminacion-DH.pdf

Comisión de Derechos Humanos Tamaulipas. (2020, 26 de mayo). Podcast - Inclusión y Discapacidad [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=i1_i4V0gKxM

UNICEF. (s. f.). Cuando tienes una discapacidad, te dicen directamente: tú no puedes hablar. https://www.unicef.org/lac/cuando-tienes-una-discapacidad-te-dicen-directamente-tu-no-puedes-hablar

Universidad de los Andes. (2010). Discapacidad: Contexto, concepto y modelos [Artículo de revisión].

Gil, I. (2022, 31 de enero). ¿Qué es la discapacidad? Evolución histórica y cultural. El Blog de empleo de Fundación Adecco. https://fundacionadecco.org/blog/que-es-la-discapacidad-evolucion-historica/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Estadísticas a propósito del Día Internacional de las Personas con Discapacidad (datos nacionales). INEGI. Recuperado el 25 de enero de 2023, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_PersDiscap21.pdf

INETV. (2019, 28 de enero). Un podcast en grande: Discapacidad e inclusión [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=xdby6HTad4A

Jiménez Lara, A., & Huete García, A. (2002). *La discriminación por motivos de discapacidad*. Recuperado el 25 de enero de 2023, de https://sid-inico.usal.es/idocs/F8/FDO6677/discriminacion.pdf

Lleida, J. (2019, 3 febrero). Cinco segundos de atención. La Vanguardia. https://www.lavanguardia.com/vida/20190203/46177449169/capacidad-atencio n-estimulos-concentracion.html

Riach, G. (2017). Can the subaltern speak? Macat International Limited.

Soriano, A. S. (2013, 25 de julio). Nada de nosotros sin nosotros. eloriente.net. http://www.eloriente.net/home/2013/07/25/nada-de-nosotros-sin-nosotros/

Sordo, A. I. (2023, 19 enero). *Los 10 tipos de contenido que prefiere tu audiencia [Datos actualizados]*. https://blog.hubspot.es/marketing/tipos-marketing-contenidos

Slavin, E. (2017). Lo audiovisual como medio de inclusión: un recurso posible para la accesibilidad al patrimonio museal. Investigación + Acción, 19(18), 27–38. Recuperado a partir de https://revistasfaud.mdp.edu.ar/ia/article/view/18-2

Heth, M. (2024). The impact of graphic design on society: Why it matters. Print Dallas. Recuperado el 27 de octubre de 2024, de https://printdallas.net/the-impact-of-graphic-design-on-society-why-it-matters/

ATEDI UAQ (2023, 15 de marzo). La voz de la Discapacidad: Nada sobre la Discapacidad sin las personas con Discapacidad (Episodio 1) [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=KghImMWjUF8&t=59s

Caicedo Santos, C. M., & Posada Bustos, C. F. (2022). Producción audiovisual inclusiva: diseño e implementación de nuevas estrategias educomunicativas de producción audiovisual para personas ciegas. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Disponible en: https://repository.uniminuto.edu/items/9ca3f02d-fa11-45de-b5fe-fd2cfa43301e

Marín Mamani, L. M. (2019). El principio de diseño universal para la accesibilidad audiovisual por personas con discapacidad auditiva. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655182/MarinM_L.pdf?sequence=3

¿Incluir o Aceptar? - Podcast sobre Discapacidad (2021, 29 noviembre) ¿Qué vemos cuando vemos la discapacidad? - Episodio 1 [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=72j12aB4kwQ

Krahn, G. L., Goodman, A., & Field, M. J. (2015). *Disability, health, and quality of life*. American Journal of Public Health, 105(S2), S210-S215. https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302247

ANÁLISIS DEL DERECHO A LA LIBRE INTERRUPCIÓN DEL EMBARAZO EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

Autor (es):

Aguillón Robles Karla Paola

Delgado Gutiérrez Juana Azucena

García Pérez María

Santos Cruz Marily

Zempoalteca González Guillermo

Representante del equipo:

Delgado Gutiérrez Juana Azucena

Asesor (a): Dra. Karla Elia Mosqueira Valencia

Afiliación Institucional: Universidad Autónoma de Querétaro

Datos de Contacto: jdelgado20@alumnos.uaq.mx

442-498-40-62

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se aborda a partir el análisis de documentos relativos, el derecho a la libre interrupción del embarazo en el Estado de Querétaro, así como de la revisión de jurisprudencias y doctrinas aplicables en México en el contexto de los derechos humanos y de la salud pública sin perder de vista los principios de convencionalidad y de constitucionalidad.

La metodología utilizada es el enfoque cualitativo con una exhaustiva revisión de normas relativas que conforman el sistema jurídico mexicano y de documentos emitidos por órganos internacionales, así como de documentos expedidos por organizaciones nacionales.

Los resultados obtenidos indican el impacto que genera la regulación federal respecto al derecho a la interrupción del embarazo en circunstancias específicas. Se encontró que en el Estado de Querétaro existen barreras que limitan su acceso. Además, algunos organismos especializados en este tema han remarcado que muchas mujeres desconocen sus derechos, enfrentan estigmas y no tienen asegurado el acceso a la salud eficaz.

In this research paper, the analysis of related documents addresses the right to the free interruption of pregnancy in the State of Querétaro, as well as a review of applicable jurisprudence and doctrines in Mexico in the context of human rights and public health, without losing sight of the principles of conventionality and constitutionality.

The methodology used is a qualitative approach with a thorough review of relevant norms that make up the Mexican legal system and of documents issued by international bodies, as well as documents issued by national organizations.

The results obtained indicate the impact generated by federal regulation regarding the right to interrupt pregnancy under specific circumstances. It was found that in the State of Querétaro, there are barriers that limit access to this right. Furthermore, some specialized organizations on this issue have highlighted that many women are unaware of their rights, face stigmas, and do not have guaranteed access to effective health care.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO GENERAL:

El Derecho a la libre interrupción del embarazo, a partir del análisis de las fuentes legales vigentes en el Estado de Querétaro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Controversias entre el marco Constitucional Federal, las leyes Federales y la Constitución Política del Estado de Querétaro.

METODOLOGÍA

RESULTADOS

Como primer punto, se encontró una contradicción, entre la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y el Código Penal del Estado de Querétaro dado que, el artículo cuatro Constitucional a su letra dice ¨… Toda persona tiene derecho a decidir de manera libre, responsable e informada sobre el número y el esparcimiento de sus hijos…¨.

A su vez, el Código Penal Federal en su artículo 329, su letra dice ¨Aborto es la muerte del producto de la concepción en cualquier momento de la preñez¨.

De igual forma, el Código Penal del Estado de Querétaro en su artículo 136, a su letra dice ¨Comete el delito de aborto el que causa la muerte al producto de la concepción hasta antes del nacimiento¨.

Aunado a lo anterior, se encontró una acción de inconstitucionalidad 148/2017, la cual fue emitida por el Pleno de la Suprema Corte Justicia de la Nación en la cual se centra en los temas como el aborto, derecho a decidir, derechos de las mujeres y personas con discapacidad de gestar, autodeterminación en materia de maternidad, autonomía reproductiva, libertad reproductiva, derecho a la salud, derecho a la igualdad jurídica, autonomía personal, libre desarrollo de la personalidad, violencia de género, integridad sexual y violación entre conyugues.

Así mismo, se consideraron ciertos aspectos tales como, antecedentes, cuestión a resolver, estudio de fondo, entre otros y se resolvió que es parcialmente procedente y parcialmente fundada la presente acción de inconstitucionalidad. Se reconoce la validez del artículo 195 del CPC y, por extensión, la de los artículos 198, párrafo primero, en su porción normativa ¨sea o¨, y 199 en su acápite y párrafo primero, en su porción normativa ¨dentro de las doce semanas siguientes a la concepción¨, las cuales surtirán sus efectos retroactivos al 26 de noviembre de 2017, a partir de la notificación de estos puntos resolutivos al Congreso de Coahuila. Se declara la invalidez del artículo 224, fracción III, párrafo primero del CPC y, por extensión la del artículo 224, fracción II, párrafo segundo, lo cual surtirá efectos a partir de la notificación de esos puntos resolutivos del Congreso de Coahuila.

DISCUSIÓN

Por lo tanto, se considera contradictorio lo expuesto anteriormente ya que el marco normativo Constitucional Federal, permite la libertad de decidir de manera libre y responsable sobre el número de hijos y el Código Penal del Estado de Querétaro lo califica como delito al no permitir el Derecho a la libre Interrupción del Embarazo.

También, el Código Penal Federal, califica como delito la interrupción del embarazo y por supuesto, es una violación a diversos Derechos Humanos tales como, el Derecho a la intimidad, a la autonomía corporal y reproductiva, derecho a la salud, a la libertad de decir sobre el número de hijos que una persona quisiera tener.

Además, es importante señalar que actualmente, los antecedentes históricos por los que han atravesado las mujeres desde una vulneración a su intimidad, a su libertad sexual, a su autonomía sobre la decisión de cuántos hijos tener, se ha tenido un movimiento importante y trascendental en el cual la mujer ha

tenido un peso importante en la sociedad puesto que se ha luchado por defender su igualdad y equidad.

Cabe señalar que todo este movimiento que se conoce como feminismo nace a finales del siglo XIX, cuando las mujeres no tenían Derechos Civiles y Políticos además de que el machismo estuvo muy presente aun en la actualidad.

Este movimiento busca el reconocimiento de esos Derechos Constitucionales para que de tal manera ellas puedan decidir libremente sobre la libre interrupción del embarazo.

Finalmente se llegó a la necesidad de promover una reforma legislativa que garantice el acceso a la salud reproductiva, así como a la implementación de campañas de educación sobre éstos. También se busca contribuir al debate sobre la despenalización y una valoración significativa de los derechos reproductivos en Querétaro, y la necesidad de garantizar el libre derecho de elegir sobre cuántos hijos se quiere tener o bien, no tener ninguno. Esto permite garantizar los Derechos Humanos plenos contenidos en el marco Constitucional Federal y trasladarlos a un marco Constitucional Estatal.

CONCLUSIONES

Esta investigación llevó a la conclusión de que en el Estado de Querétaro existe una enorme y compleja interacción de encuadre tanto a las diversas barreras culturales como al sentido de los derechos humanos. Como se señaló, las normas de carácter federal disponen de un contenido normativo diverso al que actualmente rige el territorio queretano, lo que lleva a reflexionar sobre la necesidad de implementación de una reforma.

Uno de los hallazgos es la necesidad de la despenalización del aborto, la promoción de un cambio cultural significativo con objeto de la aceptación y apoyo hacia las mujeres queretanas en sus derechos reproductivos. Es crucial la implementación de campañas educativas que tengan como finalidad, informar a la población sobre sus derechos al acceso a la salud, garantizando que las mujeres sean dignas de ser atendidas con eficiencia y se fomente un entorno seguro.

Esta lucha no solamente es de carácter legal, sino que es un asunto en donde incumbe la justicia social, por lo que se debe hacer frente para lograr un cambio significativo.

Actualmente en México, la situación del aborto varía significativamente de un Estado a otro. Hasta la fecha, está despenalizado y legalizado en 15 Estados de nuestro país, mientras que en otros sigue siendo criminalizado y solo permitido por algunas causales, como violación, problemas de salud de la madre, de feto, por mencionar algunos, pese al fallo de la SCJN.

Aunado a lo anterior, en Querétaro está congelada la iniciativa que tiene que ver con la despenalización del aborto y aún con las manifestaciones que se han llevado a cabo por grupos que defienden los derechos de las mujeres, no se ha logrado llegar al cometido ordenado por la Suprema Corte de Justicia.

La despenalización del aborto es vista como un paso hacia la garantía de los derechos humanos, en particular al derecho a decidir sobre el propio cuerpo, la salud y la vida. Al eliminar la criminalización del aborto, se busca proteger a las personas gestantes, de sanciones legales, sociales y evitar prácticas inseguras.

La despenalización del aborto permite que se realicen de manera segura en instituciones de salud autorizadas, disminuye así las tasas de abortos inseguros y en consecuencia se reducen los riesgos de complicaciones y muertes maternas.

También se hace énfasis a que se contribuye a la igualdad de género, reconociendo la autonomía de las

mujeres y su capacidad de decisión sobre la reproducción.

La despenalización del aborto se enfrenta a desafíos debido a la oposición de sectores conservadores, especialmente aquellos con influencias religiosas, que lo consideran un tema moral. Son grupos que argumentan en favor de la protección de la vida desde la concepción y tiene una fuerte presencia en nuestro estado tradicionalmente conservador.

La despenalización del aborto implica cambios en el marco jurídico y en las políticas públicas, requiriendo la adaptación de los sistemas de salud y el establecimiento de protocolos para garantizar el acceso seguro. Además, se plantea la necesidad de campañas de información y educación sexual integral para prevenir embarazos no deseados.

Finalmente, de llevarse a cabo la despenalización del aborto en Querétaro como lo planteo la SCJN, se enfoca en una mejor calidad de vida, igualdad y autonomía de las mujeres, pero sigue enfrentando retos culturales y sociales. A largo plazo, esta medida promueve una sociedad más equitativa y orientada a la salud pública y los derechos humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acción de inconstitucionalidad 148/2017, Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, Ponente: Luis María Aguilar Morales, 7 de septiembre de 2021.

Código Penal Federal, [C.P.F.], Reformado, Diario Oficial de la Federación, 14 de agosto de 1931, (México).

Código Penal del Estado de Querétaro, [C.P.E.Q.], Reformado, La Sombra de Arteaga, 23 de julio de 1987, (México).

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, [C.P.EU.M.], Reformado, Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917, (México).

Fatima Salgado. 16 de marzo de 2022. Origen del feminismo en la lucha por la equidad de género. Tecnológico de Monterrey. https://conecta.tec.mx/es/noticias/ciudad-de-mexico/educacion/feminismo-conoce-el-inicio-del-movimiento-y-su-abc#:~:text="El%20feminismo%20comienza%20en%20la,géneros"%2C%20explicó%20la%20experta.

Préstamos léxicos de estudiantes universitarios de la UAQ

Mariana Patricia Cornejo Vázquez y Brenda Vargas Vega

Universidad Autónoma de Querétaro

mcornejo05@alumnos.uaq.mx y
brenda.vargas@uaq.edu.mx

Resumen

Los préstamos léxicos se definen como una transferencia de elementos lingüísticos de un idioma a otro (Bilbao, 2024). El objetivo principal de esta investigación es explorar dicho fenómeno, enfocado en anglicismos, dentro de la comunidad estudiantil UAQ del Campus Aeropuerto. Se realizó una encuesta en línea a 30 estudiantes con una tarea de traducción, una de elección y una sección de preguntas abiertas para identificar si los participantes son conscientes de su uso de préstamos; es decir, cuándo, dónde y por qué los usan. Los resultados muestran que los estudiantes de la FLL usan más préstamos léxicos que los estudiantes de otras facultades, además de revelar diferencias en el porcentaje de préstamos por tipo de tarea. También se identificó que las principales razones que promueven el uso de préstamos léxicos en esta población son la influencia de redes sociales y que los participantes consideran que los préstamos son más cortos y/o claros que sus equivalentes en español, como se sugiere en estudios previos. Se concluye que, además de estos factores, la formación académica pudiera impactar en el uso de préstamos léxicos del inglés, pues los estudiantes de la FLL muestran mayor preferencia hacia ellos.

Palabras clave: anglicismos, redes sociales, estudiantes universitarios mexicanos.

Abstract

Lexical borrowing can be defined as the transference of linguistic elements from one language to another (Bilbao, 2024). The main goal of this study is to explore such phenomenon using English terms within the UAQ student community at Campus Aeropuerto. The participants were 30 students who solved an on-line survey that contained a translation task, a choice task and a section of open-ended questions to identify if the students were aware of their use of borrowings; meaning, when, where and why they use them. Results reveal that students from the Language Faculty present a higher use of English lexical borrowings than the students from other faculties showing percentage differences in the translation and choice tasks. It was also identified, in line with previous studies, that the main reasons that promote the use of lexical borrowing are the influence of social media and the fact that borrowings are considered shorter and/or more concise than their equivalent terms in Spanish. It is concluded that, besides the above-mentioned factors, academic training may have an impact on the use of English borrowings since the students of the Language Faculty show greater preference towards them.

Keywords: English lexical borrowings, social media, Mexican university students.

Introducción

Las sociedades que interactúan tienden a compartir e intercambiar palabras. En este intercambio se sitúan los préstamos léxicos, que se definen como una transferencia de elementos lingüísticos de un idioma a otro (Bilbao, 2024). Según Ogresta (2020), para algunos autores, los extranjerismos son un tipo de préstamo léxico y éstos pueden distinguirse entre *crudos* y *adaptados*. Los préstamos crudos son aquellos que no han sufrido ninguna modificación al integrarse al segundo idioma mientras que los préstamos adaptados, como su nombre sugiere, se ajustan a las reglas ortográficas o fonéticas del idioma que los adopta. En este sentido, los anglicismos son extranjerismos o préstamos del inglés. Un ejemplo de

un préstamo crudo inglés-español es *pizza* mientras un ejemplo de un préstamo adaptado es *scanner -> escáner*.

Dentro de las comunidades bilingües existe un fenómeno similar al préstamo léxico llamado *cambio de código* que, en palabras de Atanes Barciela (2022), "consiste, grosso modo, en la introducción de elementos gramaticales, sintácticos o prosódicos de una lengua A en un discurso formulado en una lengua B". La diferencia entre el cambio de código y el uso de préstamos léxicos es que en el primero los hablantes expresan oraciones e ideas completas en un segundo idioma, mientras que en el segundo solamente se introducen extranjerismos dentro de un discurso realizado predominantemente en un idioma. Anderson & Toribo (2007) evaluaron la opinión de participantes bilingües español-inglés respecto a los dos fenómenos a partir del relato del cuento "Caperucita Roja" encontrando que los participantes consideran más prestigioso el uso de préstamos léxicos que el cambio de código.

Según Mondejar-Nicasio (2007), es posible identificar tres principales motivos para el uso de préstamos léxicos. El primero se relaciona con el prestigio de las lenguas; el segundo con avances científicos y/o tecnológicos y el tercero con las redes sociales. La autora expone que la incorporación de componentes de un idioma percibido como prestigioso enriquece la lengua receptora. Dos ejemplos de idiomas prestigiosos son el inglés, considerado el idioma universal y protagonista en los ámbitos de negocios, ciencias, tecnología y relaciones internacionales (Mondejar-Nicasio, 2007), y el francés en el área de la gastronomía (Ogresta, 2020).

El segundo motivo para usar préstamos léxicos de acuerdo con Mondejar-Nicasio (2007) se vincula con la necesidad de expresar nuevas ideas que han surgido gracias a los avances científicos y tecnológicos. Aunque la generación de investigación científica y tecnológica no se limita a países de habla inglesa, el idioma principal para su divulgación es el inglés. Según BBC News Mundo (2019), alrededor del 90% de los artículos de divulgación científica se realizan en inglés, lo que provoca que nos encontremos con términos nuevos en ese idioma. Serigos (2017) sugiere que el motivo principal del uso de préstamos léxicos es que los términos son más específicos en inglés que en español. Debemos considerar, sin embargo, que la cantidad de préstamos léxicos varía dependiendo de la disciplina científica a tratar. Hultgren (2012), por ejemplo, comparó las áreas de computación, física y química encontrando que, en el danés, la ciencia de la computación es la que más préstamos utiliza del inglés en forma de préstamos crudos; es decir, sin equivalente en danés.

El tercer y último motivo propuesto para el uso de préstamos léxicos es el contacto cultural a través de viajes, medios masivos, comunicación electrónica, tendencias y cultura popular. En la época actual, la proliferación del uso de redes sociales ha garantizado el acceso ilimitado a la información permitiendo tener un contacto global para conocer culturas y costumbres sin necesidad de viajar. En el estudio de Adriani et al. (2018) se afirma que "Existe una correlación significativa entre la intensidad del acceso a redes sociales y el uso de préstamos léxicos del inglés y el indonesio" (p. 7, traducción propia).

Situándonos en un contexto de cercanía geográfica con Estados Unidos, país de habla inglesa que goza de las tres características recién mencionadas (prestigio, lengua de ciencia y lengua presente en los medios masivos) y ubicándonos en un ambiente universitario donde hay una gran cantidad de jóvenes usuarios de redes sociales, nos preguntamos sobre el uso de préstamos léxicos que hacen los universitarios, especialmente aquellos cuya formación se relaciona con el aprendizaje del inglés.

El objetivo principal de esta investigación es explorar el uso de anglicismos de la comunidad estudiantil UAQ del Campus Aeropuerto. Como objetivos específicos nos planteamos:

i) identificar si los estudiantes de la Facultad de Lenguas y Letras (FLL) tienen un mayor uso de préstamos léxicos en comparación a los estudiantes de otras facultades

ii) determinar si los estudiantes usan los préstamos de manera consciente

iii) describir los factores que promueven el uso de préstamos léxicos, así como los contextos donde se utilizan.

Metodología

Participantes

Se encuestaron a 30 estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro que cursaban sus licenciaturas dentro del Campus Aeropuerto en el primer semestre de 2023. El 86.6% de ellos pertenecía a la Facultad de Lenguas y Letras, mientras que el 13.4% pertenecía a otras facultades. La distribución fue la siguiente: 26 participantes de la FLL, uno de la Facultad de Filosofía, dos de la Facultad de Ciencias Naturales y uno de la Facultad de Artes.

Su rango de edad variaba entre los 18 y los 26 años, todos de nacionalidad mexicana. El 46.6% nacieron en la ciudad de Querétaro y el 53.4% nacieron fuera de la ciudad. El 66.6% realizó la mayoría de sus estudios hasta antes del nivel superior en instituciones públicas mientras que el 33.3% acudió a instituciones privadas.

Su participación consistió en responder una encuesta dividida en cuatro secciones realizada por medio de un formulario de Google. De la primera sección se obtuvieron antecedentes personales y el historial educativo de los participantes, mientras que las siguientes tres secciones, descritas en la sección de instrumento, se enfocaron en atender los objetivos del estudio.

Instrumento

En este apartado se describen y ejemplifican las tareas que los participantes respondieron. Dos tareas (correspondientes a las secciones 2 y 3 de la encuesta) arrojaron datos cuantitativos, mientras que la tercera tarea (sección 4 de la encuesta) arrojó datos cualitativos.

Sección 2: Tarea de traducción

Esta tarea consistió en traducir 11 oraciones del inglés al español que incluían un total de 13 palabras meta; es decir 13 préstamos que podían ser traducidos, debido a que dos de las oraciones incluían dos palabras meta. Ejemplo:

> (1) It was a very successful marketing campaign.
>
> Palabra meta: marketing.
>
> Respuesta esperada con préstamo: Fue una campaña de **marketing** muy exitosa.
>
> Respuesta esperada con un uso equivalente al préstamo: Fue una campaña de **mercadotecnia** muy exitosa.

A continuación se muestra el resto de las oraciones señalando en cursivas las palabras meta: The referee said it was a *penalty*; There will be a *casting* for a new movie; We will have a *quiz* tomorrow; Do you like *reality shows*?; I didn't see your *email* because it was in *spam*; You have to *click* here; Is there a *dress code* for your wedding?; Do you want to go *shopping*?; The video is *trending* on *social media*; We created *a web page* for this company.

Sección 3: Tarea de elección

Esta sección contenía seis reactivos de opción múltiple en los que se debía elegir la opción que se acercara más al habla natural de los participantes.

Instrucción: Elige la opción que uses al hablar

> (2) topping vs. ingrediente extra

El resto de los reactivos de elección fueron: *crossfit*/entrenamiento cruzado, *influencer*/persona influyente, *web*/la red, *trending topic*/ tema de actualidad, *social media*/redes sociales.

Sección 4. Preguntas abiertas

Esta última tarea consistió en responder cuatro preguntas abiertas para identificar si los participantes son conscientes de su uso de préstamos; es decir, cuándo, dónde y por qué los usan.

Las preguntas fueron: ¿Usas préstamos del inglés al hablar o escribir?, ¿Te habías dado cuenta de que usas

préstamos antes de resolver los ejercicios anteriores?, ¿Por qué usas préstamos?, ¿En qué lugar ves o escuchas con más frecuencia los préstamos del inglés?

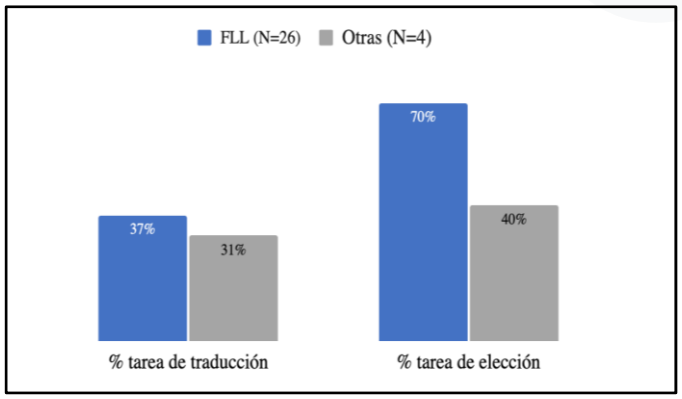
Procedimiento

La encuesta se compartió con la comunidad estudiantil UAQ del Campus Aeropuerto por medio de grupos de difusión en WhatsApp. La encuesta estuvo disponible para responder durante una semana y todas las respuestas fueron voluntarias además de que no existió un límite de tiempo para responderla; es decir, los participantes podían tomarse el tiempo necesario para responder todos los reactivos.

Resultados

Respecto al primer objetivo de esta investigación, se encontró que los estudiantes de la FLL usan más préstamos léxicos que los estudiantes de otras facultades. Además, se descubrió que los participantes tuvieron mayor uso de préstamos léxicos en la tarea de elección que en la tarea de traducción (ver figura 1).

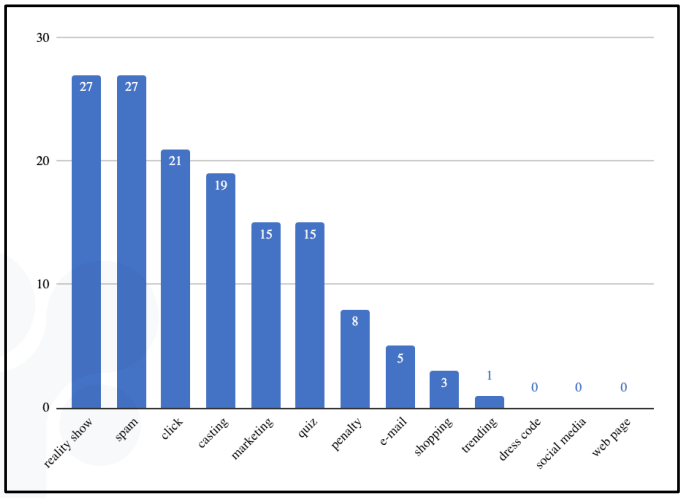
Figura 1. Porcentaje de uso de préstamos por tarea y por facultades



Como se observa en la figura 1, los participantes de la FLL manifestaron casi el doble de préstamos léxicos en la tarea de elección en comparación con la tarea de traducción. Es posible que en la tarea de traducción los participantes se sintieran más forzados a mantener una sola lengua y que la tarea de elección les permitiera reflejar una elección más espontánea.

Un análisis más detallado nos permitió identificar el número de participantes que usó o seleccionó préstamos léxicos en sus respuestas. La figura 2 muestra la distribución de préstamos en la tarea de traducción, mientras que la figura 3 presenta la distribución de préstamos en la tarea de elección.

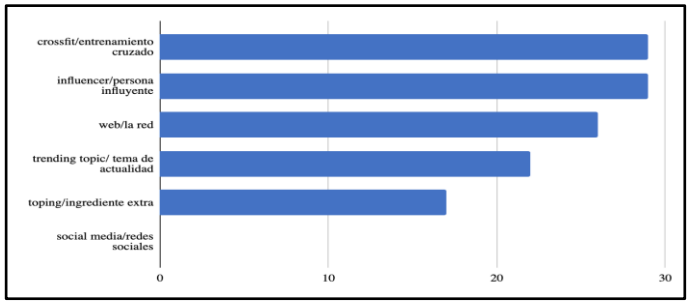
Figura 2. Distribución de préstamos en tarea de traducción



La figura 2 muestra el uso de préstamos crudos ordenados de mayor a menor ocurrencia. En el extremo izquierdo de la figura se muestran dos palabras en las que 27 de 30 participantes no tradujeron los términos en inglés y en el extremo derecho tres palabras para las que esta población siempre encuentra un equivalente en español. Como se observa, en 6 de las 13 palabras meta, mínimo la mitad de los participantes optan por usar el préstamo crudo.

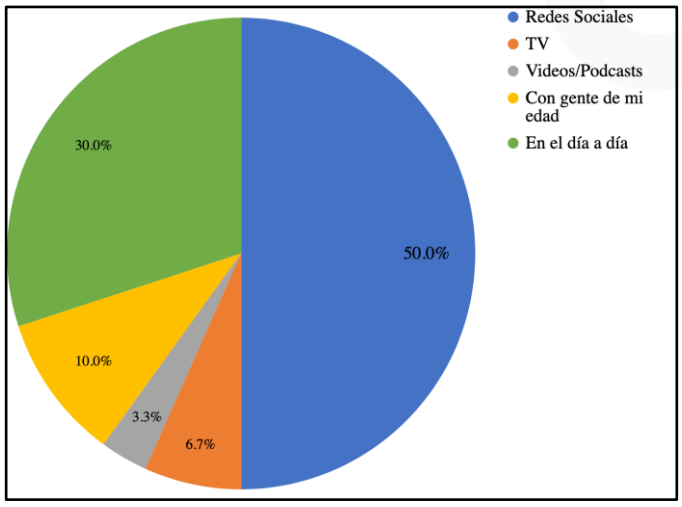
La figura 3 muestra la preferencia de los participantes hacia el uso de préstamos léxicos en la tarea de elección. Como se aprecia, todos optaron por el equivalente en español "redes sociales" para el anglicismo *social media*, al tiempo que la mayoría aceptó que en su lengua oral usarían los préstamos crudos para el resto de las palabras.

Figura 3. Distribución de préstamos en la tarea de elección



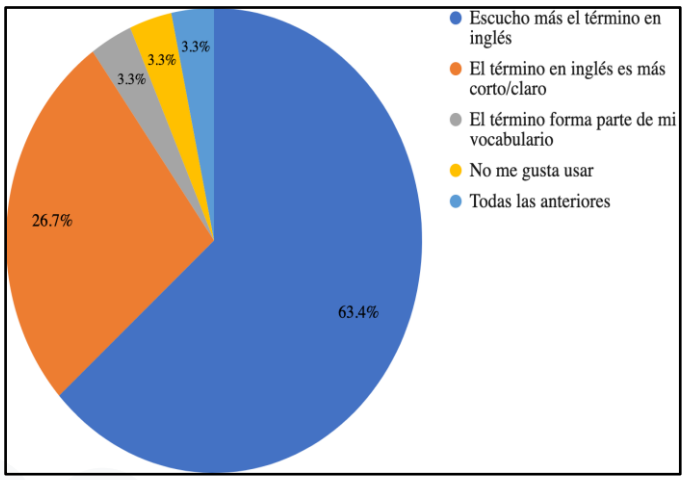
En relación con el segundo objetivo, el 96.7% de los participantes reportaron ser conscientes de su adopción de préstamos, manifestando que los usan tanto de manera oral como de manera escrita. Respondiendo al tercer objetivo, se descubrió que el uso de anglicismos dentro de esta población se debe principalmente a dos factores: que los escuchan con frecuencia en las redes sociales y que los consideran más cortos o claros que sus equivalentes en español (ver figuras 4 y 5).

Figura 4. Lugares en los que se ven o escuchan con más frecuencia los préstamos del inglés



La figura 4 muestra que el contexto predominante para ver o escuchar préstamos léxicos del inglés son las redes sociales con el 50% de respuestas, seguido por un 30% de aparición en contextos de la vida diaria de los participantes, lo cual tiene sentido debido a que la mayoría de los ellos pertenece a la Licenciatura en lenguas Modernas con especialidad en inglés. Esto se relaciona con el tercer contexto de uso de préstamos, que es cuando interactúan con gente de su edad.

Figura 5. Razones por las que se usan los préstamos del inglés



La figura 5 explica que los términos estudiados son recibidos y, por lo tanto, usados como préstamos crudos y además los participantes consideran que el anglicismo es más claro que su equivalente en español.

Discusión y conclusiones

Como se mencionó en la introducción de este trabajo, los préstamos léxicos son un fenómeno presente en las sociedades y las redes sociales pueden promover o, inclusive, incrementar su uso especialmente en poblaciones jóvenes. Descubrimos que los participantes de nuestro estudio, estudiantes universitarios, los usan de manera consciente. Una aportación importante de este trabajo es que la población seleccionada nos permitió identificar que la formación académica de los participantes impacta en su uso de préstamos del inglés, ya que la mayoría de ellos eran estudiantes de la Facultad de Lenguas y Letras pertenecientes a la Licenciatura en Lenguas Modernas en inglés. Desgraciadamente, la poca participación de estudiantes de otras facultades es una debilidad del presente trabajo, pues no podemos saber si estos resultados se mantendrían con una muestra más equilibrada.

Se identificó que la razón principal por la que los participantes usan préstamos es por la influencia de las redes sociales, confirmando así lo que plantean Adriani et al. (2018) respecto a la relación entre la intensidad de acceso a redes sociales y el uso de préstamos léxicos del inglés. Además, nuestros participantes reportaron que la claridad de los préstamos es el segundo motivo para su uso, lo que se relaciona directamente con los hallazgos de Serigos (2017), donde se especifica que las personas tienden a usar los préstamos porque su significado es más claro que el de la lengua materna.

Las tareas realizadas nos permitieron identificar la respuesta de los participantes ante términos crudos y adaptados sugeridos por Ogresta (2020). En la tarea de traducción, por ejemplo, el término *reality show* se dejó intacto por la mayoría de los participantes sugiriendo que este es un término crudo. Solo se encontraron tres respuestas donde se intentó una traducción o adaptación: *realitys* (1)*, programas de la vida real* (1) y *programas de realidad* (1). En contraste*,* términos como *penalty* y *referee* fueron traducidos como *falta (2), penal* (15)*, penalti* (5) y *referi (11)* sugiriendo que son considerados como préstamos adaptados por varios participantes. De hecho, sólo dos participantes mantuvieron el término crudo. En la tarea de elección sólo un participante eligió *entrenamiento cruzado* en lugar de *crossfit* y *persona influyente* en lugar de *influencer,* lo que sugiere que dichos términos son considerados préstamos crudos por la mayoría de los participantes.

A pesar de que la mayor limitante de la presente investigación fue la falta de participación al tener un total de únicamente 30 participantes y que la mayoría de ellos pertenecían a la FLL, se logró un estudio que expone las principales razones de jóvenes universitarios mexicanos para usar préstamos léxicos del inglés en la actualidad, además de definir los contextos que los promueven.

Estudios próximos sobre el tema pueden enfocarse en identificar si la educación previa de los participantes también tiene un efecto en el uso de préstamos léxicos del inglés al español además de extender las listas de préstamos utilizados en este estudio.

Referencias bibliográficas

Adriani, D., Tabiati, S. E., & Junining, E. (2018). Social media and its impact on the use of English borrowings in Indonesian. *Alphabet, 1*(2), 123–128. https://doi.org/10.21776/ub.alphabet.2018.01.02.05

Anderson, T. K., & Toribio, A. J. (2007). Attitudes towards lexical borrowing and intra-sentential code-switching among Spanish-English bilinguals. *Spanish in Contex 4*(2), 217–240. https://doi.org/10.1075/sic.4.2.05and

Atanes Barciela, L. X. (2022). El cambio de código según la teoría de la comunicación: problematización teórico-práctica a través de un caso del corpus ESLORA. *Philologia Hispalensis 36*(1), 27–50. https://doi.org/10.12795/ph.2022.v36.i01.02

BBC News Mundo. (2019, September 8). Cómo el inglés se convirtió en la lengua "universal" de la ciencia y por qué en el futuro puede dejar de serlo. https://www.bbc.com/mundo/noticias-49610224

Bilbao, N. (2024, January 30). *Los préstamos lingüísticos: ¿Qué son? ¿Y qué significa su presencia en el lenguaje y la traducción*? CLINTER Traducciones E Interpretaciones. https://clinter.es/prestamos-linguisticos/

Hultgren, A. K. (2012). Lexical borrowing from English into Danish in the Sciences: An empirical investigation of 'domain loss'. *International Journal of Applied Linguistics*, *23*(2), 166–182. https://doi.org/10.1111/j.1473-4192.2012.00324.x

Mondejar-Nicasio, M. C. (2007). Lexical borrowing through globalization. *ANUPI*, 1-16.

Ogresta, A. (2020). *Préstamos y extranjerismos en el léxico gastronómico del español*. [Tesis Doctoral de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales]. Universidad de Zagred, Croacia. Recuperada de https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:785884

Serigos, J. (2017). Using distributional semantics in loanword research: A concept-based approach to quantifying semantic specificity of Anglicisms in Spanish. *International Journal of Bilingualism 21*(5), 521–540. https://doi.org/10.1177/1367006916635836)

LA PROTECCIÓN CONSTITUCIONAL DE LA FAMILIA EN MÉXICO. CONSTITUTIONAL PROTECTION OF THE FAMILY IN MEXICO.

Karla Elia Mosqueira [1]

Anayicel Valenzuela Barboza[2]

Miguel Ángel Hernández Gómez[3]

SUMARIO: I. INTRODUCCIÓN. II. CONCEPTO CONSTITUCIONAL DE FAMILIA. III. TIPOS DE FAMILIA EN MEXICO. IV. PROTECCIÓN CONSTITUCIONAL DE LA FAMILIA. V. PROTECCIÓN DE LA FAMILIA EN LOS TRATADOS INTERNACIONALES. VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.

Resumen.

El presente documento reporta el estudio sobre la protección de la institución de la familia en México a partir de la Constitución Política de 1917 y la jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación. También, se analiza las sentencias que la Corte ha dado a los diferentes tipos de familias, como consecuencia del reconocimiento de la existencia de diversas realidades sociales y políticas producto de la globalización.

Palabras clave: Familia, Constitución, Jurisprudencia, globalización.

[1] Profesora Investigadora de Tiempo Completo del Centro de Estudios Articula "Transversalidad, transformar, políticas institucionales estudios jurídicos, éticos filosóficos y estrategias de intervención para promover la igualdad de género en las Instituciones de Educación Superior (IES)", UAQ-CE-029. Doctora en Derecho. Correo electrónico karla.mosqueira@uaq.mx.

[2] Estudiante del Doctorado en Derecho de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), programa inscrito en el PNPC-CONAHCYT. Correo electrónico: 05098813@uagro.mx ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2436-2324

[3] Profesor Investigador de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Doctor en Derecho.

Abstract:

This document reports the study on the protection of the institution of the family in Mexico since the Political Constitution of 1917 and the jurisprudence of the Supreme Court of Justice of the Nation. It also analyzes the sentences that the Court has given to the different types of families, as a consequence of the recognition of the existence of diverse social and political realities as a result of globalization.

Keywords: Family, Constitution, Jurisprudence, globalization.

I. INTRODUCCIÓN.

Uno de los cambios jurídicos más significativos en México se dio con la aprobación de la Constitución Política de 1917, que implicó el derrocamiento del Estado de Derecho legislativo y la instauración del Estado Constitucional, el cual se caracteriza por la eficacia directa de la norma jerárquica en materia de derechos humanos y fundamentales, los cuales son objeto de protección a través de la acción tutelar.

La Constitución Política no consagra a la familia como concepto.

Dado que la familia es la institución más significativa de la sociedad, ha recibido una protección especial por parte del legislativo, el Poder Constituyente y la jurisdicción constitucional encargada de ser garante de los derechos fundamentales de todas las personas.

La definición y alcance del concepto de familia, tomando como eje rector el principio normativo constitucional previsto en el artículo 4o. de la Constitución, podría suponer que no presenta problemas de naturaleza jurídica, pero la realidad demuestra que no es así. Por ello, la jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación ha sido crucial para reconocer realidades familiares que aún no han sido objeto de una evolución en el ámbito legislativo, lo que ha implicado un cambio en el concepto tradicional de familia y,

por ende, en su protección constitucional.

Por lo anterior, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál ha sido el alcance de la protección que ha dado a la familia en México la Constitución Política de 1917 y de la jurisprudencia constitucional?

Método.

Para el desarrollo de este trabajo se empleó el método de investigación inductiva a través de la revisión de documentos. El análisis del material escrito, particularmente el que se encuentra en la Constitución Política de 1917, los tratados internacionales y la jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, en especial de los últimos dos años, en materia de familia, los tipos de familia y su protección, permitieron concluir que la familia mexicana se encuentra tutelada de manera vigente por las normas constitucionales y por la jurisprudencia.

El presente trabajo se organiza de la siguiente manera: primero, se precisa la concepción constitucional de la familia; segundo, se analizan los diversos tipos de familia reconocidos en México, partiendo del artículo 4º constitucional y de la jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación; tercero, se estudia la protección de la familia en los tratados internacionales; cuarto, se explica la evolución jurisprudencial de las normas constitucionales en materia de protección a la familia; y, por último, se presentan exponen las conclusiones de esta investigación.

Resultado.

Se concluye que tanto la Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos, como la jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación son eficaces en la protección de la familia como una institución, en

particular en lo que se refiere a su acción tutelar, que constituye una evolución legislativa de los principios fundamentales de la Constitución.

II. CONCEPTO CONSTITUCIONAL DE FAMILIA.

La Carta Magna mexicana reconoce y protege a la familia en toda su diversidad de manifestaciones como una realidad social. Concibe una visión progresista y garantista que apoya a las personas en condiciones de igualdad y que reconoce de manera plena los derechos humanos.

La familia está constituida por un grupo de personas que comparten un vínculo de parentesco por afinidad o consanguinidad y siendo el principal pilar de la sociedad. Sin embargo, el concepto de familia no sólo se refiere a padres e hijos, sino también a todas las personas con las que nos sentimos en confianza, protegidos y amados, con independencia de que estén o no legalmente vinculados a ellos.

Según la Declaración Universal de los Derechos Humanos, el Estado debe brindar al niño "cuidados y asistencia especiales", y la protección de la familia se centra en gran medida en los cuidados y la protección que la familia brinda al niño. Según esta perspectiva, nos referimos a la familia en el contexto de los instrumentos de derechos humanos que garantizan la protección de la familia por parte del Estado siempre que haya padres con hijos a cargo.

En el artículo 4o. de la Carta Magna, la obligación del Estado de proteger la organización y el desarrollo de la familia (CPEUM, 1917). En consecuencia, la Ley General de los Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes reconoce el “Derecho a vivir en familia” (LGDNNA, 2014) como prioridad, por lo tanto, señala “La corresponsabilidad de los miembros de la familia, la sociedad

y las autoridades" (LGDNNA, 2014)como principio rector.

Si bien la Constitución reconoce el deber del Estado de proteger la estructura y desarrollo de la familia al igual que la Ley Secundaria consagra el derecho a la convivencia familiar, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos no establece la obligación del Estado de proveer políticas públicas que apoyen y fortalezcan a la familia.

Jurídicamente la familia se define como "el grupo formado por la pareja, sus ascendientes y sus descendientes, así como por otras personas unidas por vínculos de sangre, matrimonio o civiles, a los que el ordenamiento positivo impone deberes y obligaciones" (Contreras, 2015). En tanto la Suprema Corte de Justicia de la Nación dice que familia "no es un hecho biológico sino sociológico que se origina en las relaciones humanas". (SCJN, 2019)

En el contexto jurídico la definición de familia incorpora tanto vínculos biológicos como civiles, así como las obligaciones y deberes que el ordenamiento impone a sus miembros. Esto permite una protección jurídica inclusiva y adaptada a las necesidades sociales cambiantes.

En concordancia, el concepto de «familia», ha sido objeto de un intenso debate en la disciplina sociológica debido a la evolución y diversificación de las formas familiares a través de los años. Los sociólogos han ampliado el enfoque de parentesco, reconociendo la diversidad de estructuras familiares y cuestionando los roles de género y las desigualdades en el ámbito familiar. Además, han investigado el impacto de factores socioeconómicos, políticos y culturales en la configuración de las familias. En conjunto, estos debates han enriquecido nuestra comprensión de la familia como una

institución social en constante transformación (Rodríguez Cáceres, 2024).

La sociología ha ampliado el enfoque tradicional de parentesco para incluir una variedad de estructuras familiares, reconociendo que estas no se limitan a la unidad tradicional. Este enfoque cuestiona los roles de género y las desigualdades que pueden existir dentro de la estructura familiar. Por ejemplo, los cambios en las políticas laborales, los avances en los derechos de las mujeres y la influencia cultural global han impacto directamente en la se formación y vida de las familias en las sociedades. Comprendiendo que la familia es una institución social que no es estática, sino que se encuentra en constante transformación.

En lo que respecta a su "definición etimológica y su origen procedente del latín (famŭlus de «siervo, esclavo»), el término que nos ocupa hace referencia a «un grupo de siervos y esclavos patrimonio del jefe de la gens» (Enciclopedia Británica, 2009, p. 2), por lo que la unidad delimita a un jefe, quien lidera y dicta las órdenes, y a sus esclavos". (Capulín, 2016)

Esta concepción implicaba una estructura jerárquica en la que el jefe lideraba y dictaba órdenes a los miembros que estaban bajo su autoridad. La familia ha sido progresista de manera permanente alejándose de estas connotaciones históricas. Se reconoce a esta como una unidad diversa y compleja, formada por lazos de parentesco y afecto, protegida como una institución social fundante en muchas constituciones.

III. TIPOS DE FAMILIA EN MEXICO.

En el país, no existe una definición constitucional de lo que es la familia, tampoco un concepto único al respecto, pero que cuenta con el amparo constitucional, disponiendo al estado su protección. Dada esta generalidad

¿En México, ¿cuál es la familia que protege el Estado?, o ¿qué es familia desde el punto de vista constitucional?, ¿el concepto de familia ha sufrido algún cambio?.

Para abordar las cuestiones jurídicas señaladas, debe consultarse primero la Constitución y después a la jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación. Sin embargo, cabe resaltar que esto no ha sido una tarea fácil, ya que el tema no es sólo jurídico, sino que involucra otros aspectos de la sociedad de carácter económico, social, cultural, religioso.

La UNAM ha realizado un estudio en el que se han reconocido once tipos diferentes de familias. Divididos en 3 grupos:

11 tipos de familia existentes en México		
La familia tradicional	**En transición**	**La emergente**
El papá, la mamá y los hijos.	Familias de madres solteras	Familia de padres solteros.
Las familias con jóvenes	Familias de parejas jóvenes que han decido no tener hijos o posponer su nacimiento.	Familias de pareja del mismo sexo.
Familias extensas	Familias formadas por una pareja adulta o cuyos hijos ya se fueron del hogar.	Familias reconstituidas (se forman de uno o ambos cónyuges han tenido relaciones previas con hijos).
	Familias unipersonales (personas que viven solas).	
	Familias co-residentes (sus integrantes son amigos o parientes sin ser pareja).	

Elaboración propia a partir de el estudio realizado por Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. (Dirección General de Comunicación Social UNAM , 2017)

A partir de ello, se vislumbra la amplia diversidad de estructuras familiares por lo cual el concepto de familia ha ido transformándose en atención a los diversos cambios sociales y culturales, tal es el caso de las nuevas familias en las cuales se ha optado por incluir a miembros no humanos (animales de compañía) en su núcleo.

Como ha indicado la SCJN:

> Si la Suprema Corte de Justicia de la Nación ha cobijado distintos tipos, formas y composiciones de familia monoparentales, heteroparentales, homoparentales, recompuestas, así como las que derivan del matrimonio, del concubinato o de la sociedad de convivencia, entre otros entonces, la evolución que ha tenido la familia lleva a concluir que hay un nuevo tipo de familia que se debe reconocer y que es la familia multiespecie o interespecie, integrada por personas y animales domésticos, quienes ya pasaron de ser considerados por la ley como cosas a concebirse como seres sintientes. Incluso, dichos animales son parte integrante de la familia en la que desempeñan un papel de protección, apoyo, compañía, cariño y cuidado hacia los humanos. Ahora, en las familias multiespecie es clara la relación de apego recíproca entre personas y animales; de ahí que el derecho administrativo debe reconocer que aquéllas

demandan los servicios de albergue y cuidado de animales que antes no se solicitaban (SCJN, 2023).

Reconocer a las familias multiespecies o interespecies por parte del Tribunal, es un término aún no incluido en la normativa jurídica, que sienta un precedente inclusivo al reconocer la integración de este tipo de familias.

> La resolución del Tribunal que dio pauta a la concesión del amparo, atendió a una necesidad del reconocimiento de una sociedad cambiante que ha dejado de lado el concepto de familia tradicional para reconocer a una multiplicidad de familias entre las que se encuentran aquellas conformadas por personas y animales, además de reconocer a los animales como seres sintientes, lo cual abre una gran oportunidad para la evolución de los derechos de los animales en México; el reconocimiento a este tipo de familias atiende a la protección de un derecho fundamental consagrado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicano, como lo es la libertad del libre desarrollo de la personalidad. Aunado al reconocimiento que hace la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN), al referir que la Constitución no considera un solo tipo de familia, sino que reconoce a una pluralidad de familias en las cuales sea evidente la existencia de un vínculo entre los miembros que conformen al núcleo familiar, por lo cual es posible considerar no solo a los integrantes de la especie humana sino a su vez este término se hace extensivo hacia las especies animales. (dalps, 2024)

Esta resolución fortalece la protección jurídica hacia los animales, promoviendo una visión inclusiva y moderna de las estructuras familiares en México, contribuyendo a la evolución de la doctrina jurídica y en la protección integral de los derechos humanos y animales.

IV. PROTECCIÓN CONSTITUCIONAL DE LA FAMILIA.

Ante la importancia la familia como institución tiene en la sociedad y en el Estado, la Constitución de 1917 establece preceptos que garantizan la protección de esta, tanto en su forma orgánica como dogmática.

La protección de la familia a nivel constitucional se relaciona con otros preceptos de la Carta Fundamental e incluso con otras disposiciones del mismo artículo 4o. Destacadamente, la protección de la familia se relaciona con el derecho a la vivienda y con los derechos de los menores de edad. Por otro lado, la tutela "multicultural" de la familia, por lo que respecta a los indígenas cuando menos, tiene una expresión directa en varias disposiciones del artículo 2o. Además de lo previsto por el artículo 4o., es importante mencionar que el artículo 123 de la Constitución contiene otra disposición protectora de la familia. En la fracción XXVIII del apartado A establece que: "Las leyes determinarán los bienes que constituyan el patrimonio de familia, bienes que serán inalienables, no podrán sujetarse a gravámenes reales ni embargos y serán transmisibles a título de herencia con simplificación de las formalidades en los juicios sucesorios". (CARBONELL, 2006)

Las normas constitucionales antes citadas, se puede afirmar que en México la institución jurídica de la familia está consagrada, reconocida y protegida por el Estado como lo establece el artículo 4 de la carta magna.

V. PROTECCIÓN DE LA FAMILIA EN LOS TRATADOS INTERNACIONALES.

"En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección". (CPEUM, 1917) "La Constitución, "las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión." (CPEUM, 1917)

No hay una definición de familia como tal en la normatividad internacional en materia de derechos humanos, solo contempla o delimita que la familia es un ente colectivo.

Derecho Internacional a la Protección Familiar		
Tratado	**Articulo**	**Texto**
Declaración Universal de Derechos Humanos. (Naciones Unidas, 1948)	16 párrafo 3	"La familia es el elemento natural y fundamental de la sociedad y tiene derecho a la protección de la sociedad y del Estado".
Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. (OHCHR, 1966)	10	"Se debe conceder a la familia, que es el elemento natural y fundamental de la sociedad, la más amplia protección y asistencia

		posibles, especialmente para su constitución" …
Convención Americana sobre Derechos Humanos. (OEA, 1969)	17 párrafo 1	"La familia es el elemento natural y fundamental de la sociedad y debe ser protegida por la sociedad y el Estado" …
Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales "Protocolo de San Salvador". (Tratados Multilaterales)	17 Párrafo 1	"La familia es el elemento natural y fundamental de la sociedad y debe ser protegida por el Estado quien deberá velar por el mejoramiento de su situación moral y material" …

Fuente: Elaboración propia

El Estado no solo tiene el compromiso y la gran responsabilidad de velar que la familia tenga las mejores condiciones para salvaguardar los derechos de sus integrantes sino también de promoverlos, protegerlos y preservarlos.

En materia de niñez, es la interdependencia entre el bienestar del niño y el de su familia. Como lo señala el preámbulo:

Convencidos de que la familia, como grupo fundamental de la sociedad y medio natural para el crecimiento y el bienestar de todos sus miembros, y en particular de los niños, debe recibir la protección y asistencia necesarias para poder asumir plenamente sus responsabilidades dentro de la comunidad. Reconociendo que el niño, para el pleno y armonioso

> desarrollo de su personalidad, debe crecer en el seno de la familia, en un ambiente de felicidad, amor y comprensión (CONVENCIÓN SOBRE LOS DERECHOS DEL NIÑO, 1989).

Los instrumentos internacionales no solo reconocen el compromiso del Estado en la asistencia del bienestar y fortalecimiento de la familia, esto es muy importante ya que es donde los seres humanos creamos relaciones afectivas, aprendemos valores, responsabilidades y obligaciones, donde se desarrollan y se adquiere educación, afectos y valores

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En México, familia durante mucho tiempo ha sido considerada tema del Derecho Civil, como institución jurídica ha sido objeto de protección por el Derecho Constitucional. La Constitución Política consagra como principio preceptos que la protegen. La Suprema Corte de Justicia de la Nación mediante la jurisprudencia se ha ocupado de temas propios de la familia, constituyendo un marco fundamental en su papel en la protección de la familia.

La concepción de la familia en el país ha sufrido una transformación pasando de la concepción tradicional de la familia heteronormada, para dar paso a una pluralidad de familias que permiten su función social.

La jurisprudencia de la SCJN referente a la familia, tiene un gran papel en constante avance, permitiendo adaptar la institución familiar a las circunstancias políticas, económicas y sociales cambiantes y globalizadas de la sociedad en México.

En México existen y coexisten diferentes tipos de relaciones familiares antes

enunciadas, las cuales de acuerdo con la jurisprudencia y el artículo 4° Constitucional recibe la protección constitucional, en virtud de los principios de pluralismo e igualdad.

La conceptualización de la familia que proporciona la jurisprudencia de la SCJN es más humana, incluye valores propios de esta institución, así como elementos jurídicos. La familia contribuye a la construcción de una mejor sociedad en México.

Todos los tipos de familia ponen a la sociedad mexicana en proceso de formación y transformación, esta institución por su importancia en la sociedad debería estar incluida y ser determinante en la construcción de la paz en el país que tanta falta hace para poder reconstruir el tejido social.

Dada la realidad social en materia de seguridad los mexicanos necesitan más que nunca construir familias con mejores vínculos afectivos, de responsabilidad, compromiso, pero sobre todo de valores para aspirar a tener un mejor país para las futuras generaciones y poder dejar atrás en la historia del país, la violencia que se ha debido soportar por generaciones. En este sentido, se pretende aportar en esta investigación en la construcción de un Estado más abierto y tolerante a las diferentes realidades sociales que hay.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.

Capulín, R. G. (2016). *Ciencia Ergo Sum.* Obtenido de El concepto de familia en México: una: https://www.redalyc.org/journal/104/10448076002/10448076002.pdf

CARBONELL, M. (2006). *Instituto de Investigaciones Jurídicas - UNAM.* Obtenido de FAMILIA, CONSTITUCIÓN Y DEREC: https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/5/2287/7.pdf

Contreras, M. d. (2015). *Derechos de las Familias.* Obtenido de Instituto de Investigaciones Jurídicas-unam: https://www.inehrm.gob.mx/work/models/Constitucion1917/Resource/1293/Familias_pdf_electronico.pdf

CONVENCIÓN SOBRE LOS DERECHOS DEL NIÑO. (20 de noviembre de 1989). *Comisión Nacional de los Derechos Humanos.* Obtenido de Marco Normativo: https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2018-11/convencion_derechos_nino.pdf

CPEUM. (5 de febrero de 1917). *Camara de Diputados del H. Congreso de la union.* Obtenido de Secretararia de Servicios Parlamentarios: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

dalps. (2024). *dalps Derecho Animal.* Obtenido de Reconocimiento a las familias multiespecies en México. Análisis a la sentencia de amparo directo 454/2021 del tribunal colegiado en materia administrativa: https://doi.org/10.36151/DALPS.031

Dirección General de Comunicación Social UNAM . (15 de mayo de 2017). *Instituto de Investigaciones Sociales.* Obtenido de Existen en México tres grupos de familias con 11 variantes: estudio de la UNAM: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2017_335.html

LGDNNA. (4 de diciembre de 2014). *CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN.* Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDNNA.pdf

Naciones Unidas. (10 de Diciembre de 1948). *Naciones Unidas.* Obtenido de La Declaración Universal de los Derechos Humanos: https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights

OEA. (22 de noviembre de 1969). *Organizacion de los Estados Americanos.* Obtenido de CONVENCION AMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS (Pacto de San José): https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b-32_convencion_americana_sobre_derechos_humanos.htm

OHCHR. (16 de Diciembre de 1966). *Naciones Unidas.* Obtenido de Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales: https://www.bing.com/search?q=Pacto+Internacional+de+Derechos+Econ%C3%B3micos%2C+Sociales+y+Culturales&form=ANNTH1&refig=f6381fdfb8134d138ca709a20a6c9043&pc=HCTS

Rodríguez Cáceres, V. &. (2024). *Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.* Obtenido de UNICOLMAYOR: https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/tabularasa/article/view/2287

SCJN. (10 de junio de 2019). *Centro de Estudios Constitucionales.* Obtenido de Junio: Derecho y Familia: https://www.sitios.scjn.gob.mx/cec/foro-debate/junio-derecho-y-familia#:~:text=Algunos%20autores%20consideran%20que%20la,origina%20en%20las%20relaciones%20humanas

SCJN. (16 de junio de 2023). *Semanario Judicial de la Federación.* Obtenido de AMILIA MULTIESPECIE O INTERESPECIE: https://sjfsemanal.scjn.gob.mx/detalle/tesis/2026709

Tratados Multilaterales. (s.f.). *Departamento del Derecho Internacional.* Obtenido de PROTOCOLO ADICIONAL A LA CONVENCION AMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS EN MATERIA DE DERECHOS ECONOMICOS, SOCIALES Y CULTURALES "PROTOCOLO DE SAN SALVADOR" : https://www.oas.org/juridico/spanish/tratados/a-52.html

La enseñanza de recursos lingüísticos del español en aulas multigrado

Oscar Osvaldo Servín Calvillo
Universidad Autónoma de Querétaro
servincalvillooscarosvaldo@gmail.com

Blanca Araceli Rodríguez Hernández
Universidad Autónoma de Querétaro
blanca.rodriguez@uaq.edu.mx

Resumen

El objetivo de la presente investigación es analizar el repertorio didáctico que movilizan dos profesores al enseñar recursos lingüísticos del español en una primaria multigrado. Como perspectiva teórica se retoma el interaccionismo sociodiscursivo, particularmente las dimensiones de trabajo real y representado, así como los conceptos de repertorio didáctico y recursos lingüísticos. El estudio se organiza en dos fases: 1) análisis del trabajo real de dos profesores bidocentes mediante observaciones de clase y 2) análisis de las representaciones de estos profesores en torno a su práctica a través de la autoconfrontación simple. Los resultados muestran que los profesores abordan contenidos de ortografía, gramática y puntuación con el propósito de mejorar la calidad de las producciones escritas de sus estudiantes. Estos contenidos se enseñan de forma explícita, lo cual implica que los profesores expliquen las reglas de uso de los recursos lingüísticos, los alumnos escriban o verbalicen otros ejemplos y los maestros verifiquen si éstos son capaces de utilizar las estructuras contenidas en las reglas.

Palabras clave: trabajo docente, repertorio didáctico, primarias multigrado, enseñanza del español.

Abstract

The aim of this research is to analyze the didactic repertoire mobilized by two teachers when teaching Spanish linguistic resources in a multigrade primary school. The theoretical framework adopted for this study is sociodiscursive interactionism, with a particular focus on the dimensions of effective and represented work, and the concepts of didactic repertoire and linguistic resources. The study is organized in two phases: 1) analysis of the real work of two bidocent teachers through classroom observations and 2) analysis of the representations of these teachers about their practice through simple self-confrontation. The results show that teachers address content on orthography, grammar, and punctuation with the aim of improving the quality of their students' written productions. These contents are taught explicitly, which implies that teachers explain the rules for using linguistic resources, students write or verbalize other examples, and teachers verify if they can use the structures contained in the rules.

Keywords: teaching work, didactic repertoire, multigrade primary schools, teaching of Spanish

Introducción

Las escuelas multigrado son instituciones educativas en las que un docente atiende a estudiantes de diferentes grados en una misma aula. En México, este tipo de escuelas surgieron en el siglo XIX con el propósito de ampliar la educación pública a las poblaciones rurales ubicadas en zonas de difícil acceso (Rodríguez y Cano, 2024). En el ciclo escolar 2021-2022, 41.9% de las primarias eran de organización multigrado (Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación, 2023). A pesar de este elevado

porcentaje, las escuelas multigrado han sido escasamente atendidas desde el ámbito de las políticas educativas para apoyar su funcionamiento. Algunos de los principales retos que estas instituciones enfrentan son la profesionalización docente y el currículo (Schmelkes y Águila, 2019).

En lo que respecta a la profesionalización docente, se ha identificado una limitada oferta de programas de formación inicial y continua dedicados al desarrollo profesional de los maestros en contexto multigrado (Rodríguez et al., 2021).

En cuanto al currículo, los planes y programas de estudio están diseñados para aulas en las que un docente enseña a estudiantes del mismo grado, lo que obliga a los profesores de escuelas multigrado a realizar constantes adecuaciones para cumplir con los propósitos educativos establecidos en el currículo (Cano et al., 2018). La Propuesta Educativa Multigrado (PEM), es el único material curricular elaborado específicamente para estas escuelas.

Estas problemáticas afectan de manera directa la educación que reciben los estudiantes y, en particular, tiene repercusiones en la enseñanza del español. Dentro de éste, un reto importante para el profesorado es cómo enseñar a los alumnos los recursos lingüísticos de su lengua. Estos recursos son las unidades de una lengua que configuran un texto para cumplir una función comunicativa específica (Riestra et al., 2014). En un estudio desarrollado por la SEP (2006) se identificó que los profesores abordaban contenidos gramaticales de forma aislada, con listas de verbos que los alumnos tenían que conjugar sin contextualizar su uso. Además, esta enseñanza carece de orientaciones claras sobre la utilidad de ese conocimiento, es como si las instrucciones del profesorado se enfocaran en la correcta aplicación de las reglas formales de ortografía y sintaxis (Druker, 2021).

A partir de estos trabajos es posible sugerir que en las prácticas de enseñanza de aulas multigrado se privilegia la repetición y memorización de reglas ortográficas y gramaticales; no obstante, Cassany et al. (2003) advierten que el aprendizaje memorístico de reglas no garantiza el dominio práctico de las unidades lingüísticas. Estas unidades cobran significado a través del contexto lingüístico y comunicativo en el que aparecen, y es así como deben ser enseñadas.

La situación descrita anteriormente resulta comprensible, dado que los docentes identifican entre sus principales necesidades formativas el fortalecimiento en la enseñanza de contenidos específicos de español, así como el desarrollo de estrategias para la enseñanza en contextos multigrado (Rodríguez et al., 2021).

Ahora bien, en el ámbito académico, existe un notable interés por el estudio de la educación rural desde aristas como la educación rural indígena y los estudios historiográficos sobre educación rural (Galván, 2020); no obstante, a partir de una revisión de la literatura sobre las prácticas docentes en multigrado (Rodríguez et al., 2024), es posible advertir que existen temáticas dentro de este campo escasamente exploradas como para aportar conocimiento sistemático a la enseñanza, a saber: el análisis de las prácticas docentes en multigrado y la investigación desde las didácticas específicas.

Por todo lo mencionado anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue analizar el repertorio didáctico que movilizan dos profesores al enseñar recursos lingüísticos del español en una primaria rural multigrado. Entendemos el repertorio didáctico como un conjunto de saberes y herramientas que los profesores utilizan en situaciones de enseñanza (Cicurel, 2011).

El estudio del repertorio didáctico de los docentes multigrado es esencial en el ámbito educativo, al menos, por tres razones:

1) Provee información sobre el conocimiento especializado requerido por los profesores para enseñar en estos contextos escolares, lo cual podría influir en el diseño de programas de formación inicial y continua que estén en

consonancia con las necesidades reales del profesorado.

2) Aunque en la actualidad existe un creciente interés público y científico por la escuela rural, en México, los estudios que indagan las realidades de los docentes que trabajan en la modalidad de multigrado siguen siendo poco considerados en la investigación educativa (Rebolledo y Torres, 2019).
3) El concepto de repertorio didáctico ha sido estudiado en diferentes países, como Francia y Brasil (Rodrigues, 2018; Cicurel, 2011), en torno a la enseñanza de las lenguas en aulas unigrado; sin embargo, no se han identificado trabajos al respecto en aulas multigrado.

El trabajo docente desde el interaccionismo sociodiscursivo (ISD)

El ISD es una corriente teórica contemporánea que examina el lenguaje, el pensamiento y el actuar humano. Su objetivo es enriquecer la didáctica de las lenguas al estudiar las relaciones entre los componentes del sistema didáctico: docente, alumno y contenido (Rodríguez y Ruiz, 2023).

Una de las líneas de investigación del ISD es el estudio del trabajo docente. Desde esta perspectiva, el trabajo del profesorado se concibe como un conjunto de conductas individuales mediatizadas por la actividad colectiva. Una forma de estudiarlo es mediante las dimensiones de trabajo real y representado (Bronckart, 2007).

El trabajo real refiere a las interacciones verbales y no verbales que se producen entre el profesor y los alumnos durante la enseñanza de algún contenido. Una de las formas para acceder al trabajo real es a través de videograbaciones de clase. El trabajo representado es el conjunto de creencias que tiene el docente sobre su actividad. Para acceder al trabajo representado, se utiliza la autoconfrontación simple. En ésta, el docente, junto con un investigador, va observando la grabación de la actividad de clase al tiempo que la analiza y la comenta (Plazaola y Ruiz, 2012). Gracias al visionado de clases, el docente puede recordar lo que ocurrió y revivir lo que pensó durante la acción. Además, el video le permite observarse en la interacción en el aula desde un ángulo nuevo respecto de sí mismo y de sus interlocutores, es decir, le permite objetivarse. Finalmente, el visionado conjunto del video significa hacer pública la propia actividad y pasar a ser objeto de la mirada de los demás y por tanto, también susceptible de provocar su juicio crítico y generar mejoras en la enseñanza (Ruiz-Bikandi, 2007).

Desde el ISD, las interacciones verbales y no verbales que surgen en clase giran en torno a un conjunto de saberes vinculados con los objetos de enseñanza (saberes por enseñar) y las formas de enseñanza (saberes para enseñar) (Hofstetter y Schneuwly, 2009). Este conjunto de saberes se denomina repertorio didáctico y es utilizado por el profesorado en función de la situación de enseñanza en la que se encuentren (Cicurel, 2011). En esta ponencia se analizan los saberes por enseñar y para enseñar vinculados con los recursos lingüísticos del español, entendidos como unidades de la lengua que configuran un texto para cumplir un propósito comunicativo específico (Riestra et al., 2014). Son ejemplos de recursos lingüísticos la ortografía literal, la tildación, los signos de puntuación, la conjugación verbal, los conectores, entre otros.

Metodología

El presente trabajo se enmarca en el paradigma de la investigación cualitativa con un alcance descriptivo y un diseño no experimental (Hernández et al., 2014). El estudio está organizado en dos fases, las cuales se relacionan estrechamente con las dimensiones del trabajo docente de Bronckart (2007).

Fase 1. Observaciones de clases

El objetivo de la fase 1 fue analizar el repertorio didáctico que movilizan dos profesores que

laboran en una institución de organización bidocente. Con el propósito de mantener el anonimato de estos profesores se codificaron sus nombres utilizando F o M para señalar el género, tres siglas para marcar el estado de la república de procedencia y un número consecutivo.

La docente (FVER_01) está a cargo de 15 alumnos de primaria baja (primero, segundo y tercer grados) y el maestro (MVER_02) atiende a 12 estudiantes de primaria alta (cuarto, quinto y sexto grados). En la Tabla 1 se muestran datos generales sobre sus años de experiencia y formación inicial. En relación con su formación continua vinculada al contexto multigrado, ambos han participado en los cursos sobre planeación de la enseñanza.

Tabla 1

Datos generales de los docentes observados

Docentes	Años de servicio	Formación inicial
FVER_01	7 en primaria y 3 de ellos en multigrado	Licenciatura en Ciencias de la Educación
MVER_01	13 en primaria y 3 de ellos en multigrado	Licenciatura en Educación Primaria

Fuente: elaboración propia.

La escuela en la que laboran es una primaria rural bidocente que se localiza en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz. En cuanto a infraestructura, cuenta con dos aulas, una bodega, una biblioteca, un comedor, dos baños y un domo (ver Figura 1).

Figura 1

Aula de primaria baja y primaria alta



Fuente: elaboración propia.

El trabajo de campo se realizó del 11 al 22 de septiembre del ciclo escolar 2023-2024, en el cual se recolectaron dos videos de clase por día; uno de cada profesor. De este modo, se obtuvieron 9 videograbaciones de clase con cada docente.

El corpus de esta fase se compone de 1,342 minutos de videograbación, que se transcribieron para su análisis. Los criterios de transcripción que se emplearon fueron los siguientes: se utilizan las letras A para registrar los turnos del alumnado y VA para indicar cuando varios alumnos participan de manera simultánea, las pausas largas o enunciados inconclusos se indican con puntos suspensivos; no se transcribieron errores gramaticales, inicios en falso, repeticiones, ni autocorrecciones, ya que no resultaban de interés para los objetivos del presente estudio.

El análisis de los datos se desarrolló en cuatro momentos. En el primero, se describió el contexto físico en el que se situaba el trabajo de los docentes. En el segundo, se elaboró una fotografía de las clases (Rodrigues, 2008). Esta herramienta consiste en textualizar las acciones docentes que están dirigidas a los alumnos en torno al objeto de enseñanza. En el tercero, se hizo una relación entre los momentos de clase, las acciones observadas y las respectivas verbalizaciones materializadas en el discurso de los maestros. En el cuarto, se identificaron los saberes por enseñar y para enseñar que movilizaron los docentes durante cada una de las clases. El análisis derivado de los cuatro momentos se sometió a una triangulación del investigador, a partir de incluir a un segundo codificador que no participó en el trabajo de campo, pero que observó las videograbaciones de clase, con la finalidad de garantizar que las interpretaciones de los datos fueran coherentes y no se vieran sesgadas por una única perspectiva.

Fase 2. Autoconfrontaciones simples

El objetivo de la fase 2 fue analizar el repertorio didáctico movilizado por FVER_01 y MVER_02 durante la autoconfrontación. En total se realizaron tres sesiones de autoconfrontación con cada profesor; una de forma presencial y dos de manera virtual a través de la plataforma *Teams*.

Las autoconfrontaciones se grabaron con la misma plataforma y se transcribieron con los mismos

criterios de la fase 1, además de la inclusión de la letra I para señalar las intervenciones del investigador. El corpus de esta fase se compone de las transcripciones de 278 minutos de videograbación.

Para el análisis de las transcripciones se realizó la lectura reiterada por parte de dos codificares. Estos ubicaron los saberes por enseñar y para enseñar identificados en el trabajo real con la finalidad de realizar un cruce entre lo obtenido en el análisis del trabajo real y el representado aprehendido a través de la autoconfrontación. Como producto de esta revisión reiterada se determinaron los temas que requerían una exploración más profunda. Una vez identificados, los codificadores seleccionaron los fragmentos de autoconfrontación y los organizaron en una tabla de doble entrada para establecer correspondencias entre los saberes movilizados en el trabajo real y los expresados en las autoconfrontaciones. Esto permitió el cruce de las fuentes de datos para afinar las categorías finales (ver Tabla 2).

Tabla 2

Categorías finales

Categorías	Descripción
Saberes por enseñar	Esta categoría comprende los recursos lingüísticos que los profesores priorizan en sus aulas multigrado, entre los cuales se identifican la ortografía, la puntuación y la gramática.
Saberes para enseñar	Esta categoría muestra la forma en que los docentes enseñan, de manera explícita, la ortografía, la puntuación y la gramática.

Fuente: elaboración propia.

Para ilustrar cada categoría, en la sección de resultados, se presentan fragmentos de las interacciones de clase entre paréntesis y números arábigos (1) y fragmentos de autoconforntación entre corchetes y letras del alfabeto español [A].

Resultados

Los resultados se presentan en dos secciones: saberes por enseñar (contenidos de enseñanza) y saberes para enseñar (formas de enseñanza).

Saberes por enseñar (contenidos de enseñanza)

A partir del análisis del material empírico identificamos que los profesores priorizan la enseñanza de contenidos ortográficos, gramaticales y de puntuación, principalmente, a los alumnos que escriben con todas las letras, es decir, a los alfabéticos.

En relación con la docente, se identificó la enseñanza de recursos lingüísticos en el marco de dos proyectos; uno sobre las descripciones y otro sobre los reglamentos. Los contenidos abordados incluyeron los adjetivos calificativos en los tres grados, mientras que las reglas ortográficas de las letras b y g, la conjugación verbal en primera persona del presente, y los verbos en infinitivo se trabajaron exclusivamente con los alumnos de segundo y tercero (ver Tabla 3).

Tabla 3

Distribución de contenidos en función del grado escolar

Primero, segundo y tercero	Segundo y tercero
-adjetivos calificativos	-reglas ortográficas de las letras b y g -conjugación verbal en primera persona del presente -verbos en infinitivo

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta al docente, se observó el trabajo con recursos lingüísticos en el marco de un proyecto sobre los textos descriptivos y explicativos. Los contenidos abordados fueron los adverbios, usos del punto y de la coma, y los adjetivos calificativos. Estos contenidos se abordaron de manera simultánea en los tres grados. En la autoconfrontación, FVER_01 menciona que la enseñanza de los adverbios ayudó a mejorar la calidad de las producciones escritas de los estudiantes [A].

> [A] Los adverbios nos ayudaron a hacer el trabajo más enriquecedor o, en este caso, que sus redacciones fueran más enriquecedoras.

Saberes para enseñar (formas de enseñanza)

En el trabajo real, se identificó que FVER_01 y MVER_02 abordan los recursos lingüísticos mediante la enseñanza explícita, la cual implica una serie de actividades concatenadas en el siguiente itinerario: a) los profesores explican las reglas de uso de los recursos lingüísticos o se apoyan en videos para hacerlo, b) los alumnos escriben o verbalizan ejemplos y c) los maestros verifican si éstos son capaces de utilizar las estructuras gramaticales contenidas en las reglas.

En el fragmento (1), se observa el trabajo con los adjetivos calificativos en los tres grados de primaria baja. La docente explica el nombre de la función que cumplen las palabras 'alegre' y 'responsable' en la oración (adjetivos) y para qué sirven. En la autoconfrontación, menciona que los estudiantes aprenden este contenido gramatical de manera inconsciente [B]. Aunque no se exploró el significado que la profesora atribuye a esta forma de aprender es posible formular dos interpretaciones al respecto: 1) los recursos lingüísticos del español se aprenden a partir de la enseñanza implícita de las reglas, lo que implicaría una postura opuesta al itinerario de actividades enunciado previamente, 2) los alumnos aprenden sobre recursos lingüísticos, aunque no se les enseñe directamente porque participan de las explicaciones y actividades que se dirigen hacia los otros grados.

> (1) FVER_01: En este proyecto vamos a aprender cómo se llaman esas palabras que decimos: "morenito, chaparrito, güerito, alegre, responsable", esas palabras se llaman adjetivos, ¿cómo se llaman?
> VA: Adjetivos.
> FVER_01: Los adjetivos siempre nos van a decir cómo son las personas o cómo son las cosas (…) aquí les voy a pegar una listita de lo que podemos ver para una persona, las características de una persona, yo se las voy a leer (…) cuando nosotros vamos a hablar de una persona podemos ver su estatura, ¿cómo decimos nuestra estatura?
> A: Es alto.
> FVER_01: Es alto o puede ser bajo o mediano (…) ¿qué podemos decir del cabello?
> A: Es negro y largo (CLASE 1).
>
> [B] Quería que les quedara más claro qué características podemos describir de las personas, o sea, los adjetivos calificativos que podemos usar para describir a las personas. Yo trabajo los adjetivos calificativos con ellos, pero como son de segundo y de primer grado, ellos todavía no me manejan esos términos (…) lo están trabajando de manera inconsciente [AUTOCONFRONTACIÓN 2].

Otro ejemplo de la docente en el que se observa una enseñanza explícita de contenidos gramaticales se presenta en el fragmento (2). Aquí muestra a los alumnos de segundo y tercero una definición de verbos en infinitivo y la lee en voz alta. Luego, asigna una tarea en la que los alumnos deben buscar en los reglamentos los verbos en infinitivo y encerrarlos con color rojo.

> (2) FVER_01: Vamos a leer tantito qué son los verbos infinitivos. Fíjense, "infinitivo es la forma en que se indican los verbos" (lee una diapositiva que está proyectada en la televisión), o sea, como se están escribiendo, solo denomina la acción y termina en, ¿cómo terminan?, ¿en qué?
> A: En coma.
> FVER_01: No, no, no ahí dice en… sigan leyendo.
> A: Ar, maestra.
> FVER_01: Ar, er, ir, y no se dice la persona. ¿Apoco ahí dijeron "yo caminar", "yo entrar caminando"?
> A: No.
> FVER_01: Vamos a buscar en nuestro reglamento, que hicieron con sus papás, y me van a encerrar con color rojo, segundo y tercero, los verbos que encuentren en infinitivo, o sea, que diga respetar, pero solo los verbos, o sea, las acciones (CLASE 9).

En lo que respecta al docente, en el ejemplo (3), comienza con un video que aborda qué son y para qué sirven los adverbios de modo, tiempo, lugar y cantidad; luego, dicta información del video para que los alumnos la anoten; posteriormente, presenta una lámina con ejemplos de cada tipo de adverbio; finalmente, solicita que escriban oraciones en donde usen los adverbios que se trabajaron en clase.

> (3) MVER_02: El tema del día de hoy van a ser los adverbios de modo, cantidad, tiempo y lugar, si gustan tomar notas pueden hacerlo (proyecta un video sobre la definición y función de los adverbios) (…) anoten esa información de los adverbios, niños

(…) continuando y retomando un poquito lo del video, continuamos con esta lámina que ya se las había mostrado cuando vimos los adjetivos calificativos (…) en esta ocasión solo vamos a ver cuatro diferentes tipos de adverbios, los de lugar, tiempo, modo y cantidad. Los adverbios de lugar responden a la pregunta dónde (…) "ejemplos de adverbio de lugar: aquí, allí, arriba, abajo, cerca, lejos, detrás, encima, debajo, enfrente, atrás, alrededor, al lado, dentro, fuera" (está leyendo los ejemplos de la lámina). Ahorita, vamos a hacer un pequeño pre-ejercicio. Cada uno de ustedes me va a hacer dos oraciones, dos oraciones nada más de adverbio de lugar, dos de tiempo, dos de modo y dos de cantidad (CLASE 5).

Durante la autoconfrontación, el docente menciona que los alumnos aprenden contenidos gramaticales de forma implícita porque participan en explicaciones y actividades dirigidas hacia otros grados [C].

[C] Lo que yo quería, en un primer punto, que ellos los identificaran, que reconocieran que los adverbios los han estado utilizando durante bastante tiempo, pero de forma inconsciente (…) otra cosa curiosa de multigrado, es el hecho de que hay temas que se ven con los alumnos de grados superiores, como en este caso era el de los adverbios que se había visto en sexto año, pero con los alumnos que ya salieron, y los alumnos de una u otra manera ya los habían escuchado [AUTOCONFRONTACIÓN 3].

Además, este mismo docente detalla los criterios que consideró al seleccionar el video que presentó a los alumnos [D].

[D] Uno, el tipo de lenguaje que ocupa con los niños. Otro, que sea vistoso para ellos. Otro rasgo el hecho de que traiga ilustraciones, colores llamativos (…) una de las características que también me agradó de este video fue el hecho de que aparte de que me daba el significado de los adverbios me daba ciertas pautas como era el hecho de preguntas ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde? Que me ayudan a que los alumnos identifiquen si se trataba de un adverbio de modo, de un adverbio de cantidad o de un adverbio de lugar [AUTOCONFORNTACIÓN 3].

Con relación a la enseñanza de la ortografía, identificamos dos ejemplos en los que FVER_01 aborda la ortografia literal de las letras b y g con los alumnos de segundo y tercero. En el primero explica las reglas ortográficas asociadas al uso de la letra g con ayuda de una presentación de PowerPoint. Luego de la explicación, los estudiantes llevan a cabo un ejercicio para practicar el uso de estas reglas (4).

(4) FVER_01: Vamos a leer esa regla. A ver, ayúdenme.
A: Yo.
FVER_01: A ver, Angelita.
A: Antes de las vocales a, o, i, u tienen un sonido suave como en las palabras gancho, ganso, gordo, gorro, guardar o guayaba (lee la diapositiva).
FVER_01: Dice que tienen un sonido suave (…) antes de esta no va a decir "jayaba", ni "jancho", ni "jorro", va a decir "gorro", ni "juardar", ni "jasto". Bueno, ahorita vamos a descubrir bien esa regla y yo les voy a dar este papelito para que hagan una actividad (CLASE 7).

En el segundo ejemplo aborda las reglas ortográficas de la letra b expuestas en un cartel (5).

(5). FVER_01: La letra 'b', fíjense cuándo vamos a ocupar nuestra letra b, ¿alcanzan a leer aquí?, ¿alguien que alcance a leer aquí? (señala el cartel)
A: No.
A: Yo no veo.
FVER_01: Bueno, palabras que empiezan con bu (lee las reglas del cartel), ¿cómo qué?
A: Burro.
FVER_01: Burro, entonces burro, ¿con cuál letra iría? Con la b…
A: De vaca.
A: De bolita.
FVER_01: La b, porque la otra es la v. Entonces, si yo escribo así, ¿es correcto? (escribe vurro en el pizarrón).
VA: No.
FVER_01: Tiene que ser con esta (señala la b) porque dice que todas las palabras que empiezan con bu se deben escribir…
A: También búho, maestra (CLASE 3).

En cuanto a la puntuación, el trabajo real muestra que el docente incorporó la enseñanza de los diferentes usos del punto (punto y seguido, punto y aparte, punto final) y de la coma (enumeración, vocativo, entre otros). En el ejemplo (6), se presenta un fragmento de clase que se centra en la enseñanza explícita de los usos de la coma. El maestro proyecta un video que explica la

definición y los usos de la coma. Después, escribe un ejemplo de la coma de enumeración en el pizarrón. Finalmente, solicita a los estudiantes que escriban su propio ejemplo.

> (6) MVER_02: Escuchamos con atención y yo les voy repitiendo las indicaciones (proyecta el video y comienza a dictar) voy a poner un ejemplo de una enumeración. Levante la mano los que sean primos.
> A: Ari, Dana, Brenda.
> MVER_02: Ok, con esos. Ejemplo, "las primas de Jensy son" (escribe en el pizarrón), dos puntos porque ahí yo ya voy a poner a varias personas, primera, Ariana.
> A: Coma.
> MVER_02: Correcto. Dana (continua escribiendo).
> A: Coma.
> A: Y Brenda.
> MVER_02: Y Brenda. ¿Cuándo termino la oración qué va?
> VA: El punto.
> MVER_02: Muy bien, sí le van entendiendo, no están tan perdidos (…) ahorita les pido a ustedes, de favor, que me hagan un ejemplo de oración donde están separando enumeración (CLASE 6).

Discusión y conclusiones

En este trabajo se analizó el trabajo real y representado del profesorado que labora en escuelas primarias de organización multigrado para identificar los saberes que conforman su repertorio didáctico.

Los resultados permiten identificar que el repertorio didáctico constituye un conglomerado de saberes cuyo propósito fundamental es servir a la enseñanza. Estos saberes, que abarcan desde conocimientos disciplinares específicos hasta formas de enseñanza, son empleados por los docentes para dirigir el aprendizaje de sus estudiantes.

Como parte de los saberes por enseñar, la docente prioriza la enseñanza de adjetivos calificativos en los tres grados, mientras que las reglas ortográficas de las letras b y g, la conjugación verbal en primera persona del presente, y los verbos en infinitivo se trabajan exclusivamente con los alumnos de segundo y tercero, es decir, con quienes son alfabéticos. En lo que concierne al maestro, aborda los adverbios, usos del punto y de la coma, y los adjetivos calificativos con los tres grados. Para los docentes es pertinente introducir contenidos de ortografía, gramática y puntuación con los alumnos de segundo a sexto grado, ya que contribuyen a enriquecer la calidad de sus producciones escritas.

Ahora bien, la distribución de los contenidos muestra que los docentes suelen tratar a su grupo de manera unificada, pues no se observó diferenciación en el nivel de complejidad de los recursos lingüísticos de un grado a otro.

En relación con los saberes para enseñar, los docentes explican las reglas de uso de los recursos lingüísticos, los alumnos escriben o verbalizan ejemplos, y los profesores verifican si los estudiantes pueden utilizar las estructuras gramaticales explicadas. Estas formas de enseñanza, también identificadas en dos estudios previos (SEP, 2006; Druker, 2021), sugieren una concepción tradicionalista que privilegia la repetición y memorización de reglas en oposición a una enseñanza constructivista que proponga retos cognitivos a los alumnos en donde cuestionen el funcionamiento del sistema de la lengua escrita y generen hipótesis sobre cuestiones gráficas, ortográficas, gramaticales, discursivas y, por supuesto, de contenido (Hess, 2021).

Dada esta situación, es importante destacar que los resultados son relevantes en tanto permiten aproximarnos al saber especializado que requieren los docentes para enseñar recursos lingüísticos del español en contextos de organización multigrado y podrían servir para que los espacios de formación del profesorado diseñen mallas curriculares que estén en consonancia con las necesidades reales del profesorado. Esta idea se ve respaldada por las demandas expresadas por los propios docentes, quienes destacan como una de sus principales necesidades formativas estrategias para la enseñanza de contenidos específicos del español (Rodríguez et al., 2021).

Camps (2021) propone algunas estrategias para fomentar la reflexión de los estudiantes en torno a

los recursos lingüísticos, las cuales podrían ser consideradas en la formación del profesorado. Estas estrategias incluyen tareas de observación, clasificación, contraste y combinación de elementos de la lengua, en el contexto de la interacción entre pares o en pequeños grupos. Por su parte, Cassany et al. (2003) sugieren que las unidades lingüísticas sean introducidas de manera contextualizada, evitando una enseñanza aislada, y que se extraigan ejemplos tanto de la clase como del entorno social inmediato.

Finalmente, es pertinente reconocer que una de las limitaciones de la investigación está relacionada con el material empírico que formó parte de la dimensión de trabajo real. A nuestro juicio, sería necesario ampliar el periodo de observación de clases, tanto en cantidad de docentes observados como en el tiempo destinado a ello, porque permitiría una comprensión más profunda de las prácticas de enseñanza.

Referencias bibliográficas

Bronckart, J. (2007). *Desarrollo del lenguaje y didáctica de las lenguas*. Miño y Dávila.

Camps, A. (2021). Aprender gramática. En A. Camps y X. Fontich (Eds.), *La actividad metalingüística como espacio de encuentro de la escritura y la gramática* (pp. 171-184). UNSJ. https://acortar.link/DUQgwq

Cano, A., Ibarra, E. y Ortega, J. (2018). Necesidades de profesionalización de docentes multigrado de educación primaria. En A. Cano y E. Ibarra (Coords.), *Retos y perspectivas de educación multigrado* (pp.33-58). Ediciones Nómada.

Cassany, D., Luna, M. y Sanz, L. (2003). *Enseñar lengua*. GRAÓ.

Cicurel, F. (2011). *Les interactions dans l´enseignement des langues. Agir professoral et pratiques de classe*. Didier.

Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación. (2023). *Indicadores nacionales de la mejora continua de la educación en México*. MEJOREDU. https://www.mejoredu.gob.mx/images/publicaciones/indicadores-nacionales-2023.pdf

Druker, S. (2021). Prácticas letradas y práctica docente. El lugar de la" escritura libre" en la producción de literacidad escolar con niñas y niños quechua. *Perfiles educativos*, *43*(171), 46-64. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2021.171.59584

Galván, L. (2020). Educación rural en América Latina: escenarios, tendencias y horizontes de investicación. *Márgenes Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, *1*(2), 48-69. https://doi.org/10.24310/mgnmar.v1i2.8598

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación.* Mc Graw-Hill Interamericana.

Hess, K. (2021). *Pensar sobre la lengua escrita: Reflexiones metalinguísticas sobre las convenciones de la escritura*. Fundación Zorro Rojo. https://www.fundacionzorrorojo.org/publicaciones/Pensar%20Sobre%20la%20Lengua%20Escrita.pdf

Hofstetter, R. y Schneuwly, B. (2009). Savoirs en (trans)formation. Au cœur des professions de l'enseignement et de la formation. En R. Hofstetter y B. (Eds.), *Savoirs en (trans)formation* (pp. 7-40). De Boeck Supérieur Raisons éducatives.

Rebolledo, V. y Torres, R. (2019). *Estado del arte de la educación rural en México (2004-2014)*. Universidad Iberoamericana, RIER.

Rodrigues, L. (2018). *O agir do estagiário de Francês Língua Estrangeira* [Tesis de doctorado, Universidad Federal de Ceará]. http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/38573

Rodríguez, B., Bautista, M. y Servín, O. (2021). La formación continua de profesores multigrado: una aproximación al contexto veracruzano. *IE Revista De Investigación Educativa De La REDIECH*, *12*(e1194), 1-19. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v12i0.1194

Rodríguez, B. y Cano, A. (2024). *Educación Multigrado en Territorios Rurales. Revista Iberoamericana de Educación Rural*, *2*(4), 1-3. https://doi.org/10.48102/riber.v2i4.105

Rodríguez, B. y Ruiz, N. (2023). Enseñar en preescolar durante la pandemia: interacciones entre profesora, alumnos, familias y pantallas. *Apertura, 14*(2), 146-163. http://doi.org/10.32870/Ap.v14n2.2182

Rodríguez, B., Servín, O. y Castro, F. (2024). Estado del arte sobre prácticas docentes multigrado en países hispanohablantes. *Revista Brasileira De Educação Do Campo*, *9*(e19209), 1-26. https://periodicos.ufnt.edu.br/index.php/campo/article/view/19209

Ruiz-Bikandi, U. (2007). La autoobservación en clase de lengua como mecanismo colectivo de formación. El discurso protector. *Cultura y Educación, 19*(2), 165-181. http://dx.doi.org/10.1174/113564007780961624

Schmelkes, S. y Aguila, G. (2019). *La educación multigrado en México*. INEE. https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/01/La-Educacio%CC%81n-Multigrado_BIS.pdf

Secretaría de Educación Pública. (2006). *Retos y necesidades de cambio en las escuelas multigrado.* Estudio exploratorio. SEP.

PREVENCIÓN DEL DELITO MEDIANTE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Autora: Paola Navarrete Flores (pnavarrete03@alumnos.uaq.mx).

Asesor: Leonardo Senén Cabello Álvarez (leonardo.cabello@uaq.mx).

Universidad Autónoma de Querétaro – Facultad de Derecho.

Resumen:

La prevención del delito es clave en las políticas públicas nacionales e internacionales. La United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) y criminólogos como Juan Federico Arreola destacan la importancia de medidas para reducir factores delictivos. La prevención se divide en cuatro categorías, incluyendo la prevención social y primaria, que enfatiza la actividad física y deportiva.

San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro que sufre de un consumo de sustancias nocivas en edades tempranas de 10 a 17 años aproximadamente. Lugar donde se realizó una Investigación-Acción-Participativa cuyo objetivo fue proponer acciones para prevenir el delito en edades tempranas y destacar los beneficios del deporte y la actividad física. Se establecieron tres objetivos específicos: proponer actividades deportivas, persuadir a menores y adultos, y dar a conocer instituciones de prevención del delito en la comunidad.

Se implementó una metodología de enfoque cualitativo empleando entrevistas y el relevamiento documental. Lo anterior con el propósito de hacer un diagnóstico que permitió proponer pláticas y talleres buscando sensibilizar a la población sobre la importancia del deporte en niñas, niños y adolescentes. Se pudo poner en práctica diversas actividades deportivas que llevaron a cumplir el objetivo. Con la finalidad de obtener una mejora en la conducta de NNA, mediante las diversas dinámicas de ejecución. Se identificó como área de oportunidad la aplicación del deporte, como mecanismo para la prevención del delito.

Palabras Clave: Prevención del Delito, Prevención Primaria, Deporte, Actividad física, Handball.

Abstract:

Crime prevention is key in national and international public policies. The United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) and criminologists such as Juan Federico Arreola highlight the importance of measures to reduce crime factors. Prevention is divided into four categories, including social and primary prevention, which emphasizes physical activity and sports.

San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro, which suffers from the consumption of harmful substances at an early age of approximately 10 to 17 years old. The objective of this action-participatory research was to propose actions to prevent crime at an early age and to highlight the benefits of sports and physical activity. Three specific objectives were established: to propose sports activities, to persuade minors and adults, and to publicize crime prevention institutions in the community.

A qualitative approach methodology was implemented using interviews and documentary research. The above with the purpose of making a diagnosis that allowed us to propose talks and workshops seeking to raise awareness among the population about the importance of sports for children and adolescents. It was possible to implement various sports activities that led to meet the objective. With the purpose of obtaining an improvement in the behavior of children and adolescents, through the different dynamics of execution. The application of sports as a mechanism for crime prevention was identified as an area of opportunity.

Keywords: Crime Prevention, Primary Prevention, Sports, Physical Activity, Handball.

Introducción:

La prevención del delito se encuentra presente en las políticas públicas que el gobierno implementa, tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Diversos criminólogos hablan sobre lo que es la prevención del delito, como Juan Federico Arreola (2016), quien explica que es cualquier medida que sirva para atacar los factores que causan el delito. Por otra parte, la United Nations Office on Drugs and Crime (en adelante UNODC) concibe la prevención del delito como las estrategias y medidas que buscan reducir el riesgo de una comisión delictiva (2011). La prevención del delito se divide en cuatro categorías o niveles. La prevención social en primer nivel es entendida como los programas de crianza y primera infancia, puesto que se trabaja directamente con niñas y niños, a través del deporte y estilos de vida saludables (UNDOC, 2020).

La prevención del delito primaria engloba la actividad física y deportiva. Por lo que existen diversos trabajos a nivel internacional y nacional en los que se observa los amplios beneficios que la actividad física y el deporte traen consigo en conjunto a la prevención del delito. Como lo es el manual sobre la aplicación eficaz de las Directrices para la prevención del delito de la UNODC. Derivado de ello, se crea "Juega vive", trabajo enfocado directamente a instructores para la aplicación de prácticas deportivas hacían niñas y niños entre 13 y 18 años de edad. Mismo que en el año 2023, el Estado de Querétaro implementó el programa global Juega Vive.

Los beneficios del deporte y la actividad física son reconocidos por el Fondo de las Naciones Unidad y la Organización Mundial de la Salud (en adelante OMS). Dentro de los beneficios se encuentra el fortalecimiento a la salud de quien lo practica, ayuda a obtener un bienestar mental, mejorar el rendimiento académico, entre otros (UNICEF, 2019). Es por ello que si se ejecuta de manera conjunta la prevención del delito con la actividad física y el deporte, se pueden lograr una gran beneficio en la sociedad.

Es necesario señalar que por actividad física se entiende como "cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gastos de energía" (OMS, 2022). A su vez, en 2019, la United Nations International Children´s Emergency Fund (en adelante, UNICEF), menciona que dentro de las modalidades de la actividad física se encuentra el juego físico, la recreación, el deporte formal o informal y los juegos o deportes autóctonos.

Por otra parte, la OMS establece que el deporte será todas aquellas actividades físicas mediante una participación organizada, que busca expresar o mejorar aptitudes físicas y un bienestar mental, así como formar relaciones sociales, o bien, obtener resultados en un nivel competitivo. UNICEF, reconoce diversos beneficios y valores que aporta el deporte, siendo los siguientes: fortalecer el organismo y evita enfermedades, puede ayudar al bienestar mental, mejora el aprendizaje y el rendimiento académico, potencia la inclusión, puede promover la igualdad, desafía estereotipos de género y una herramienta de paz y de apoyo psicosocial. (UNICEF, 2019). Por lo anterior, el promover el deporte y la actividad física en las sociedades y las comunidades es un eje fundamental para la prevención del delito.

San Bartolomé del Pino, es una comunidad de municipio Amealco de Bonfil, Querétaro. Previo a la Investigación-Acción-Participativa se realizó un diagnóstico que posibilitó reconocer la viabilidad y pertinencia para la aplicación de la intervención social (Navarrete Flores, 2024). De dicho diagnóstico se obtuvo lo siguiente. San Bartolomé del Pino, es una comunidad que se encuentra a 8 kilómetros de la cabecera municipal, situada a 2,610 metros de altitud. Cuenta con una población aproximada de 750 habitantes (INEGI, 2020). Es una comunidad de origen mestizo, no se habla ninguna lengua originaria sin embargo, el subdelegado municipal menciona que en 2014, el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, la reconocen como comunidad indígena. Es una comunidad en donde prevalece la cultura y la tradición religiosa, por lo que a lo largo del año se realizan diversos eventos religiosos en los que participan los habitantes. Por lo anterior, el promover el deporte y la actividad física en la sociedad y las comunidades es un eje fundamental para la prevención del delito.

Cuenta con tres escuelas de educación básica ubicadas en el centro de la comunidad. El prescolar Valentín Frías cuenta con una matrícula de 35 alumnos, en la

cual solo existe una docente a cargo de todo el prescolar. La primaria Emiliano Zapata cuenta con una matrícula de 100 alumnos, cuatro docentes y un maestro de educación física. Por último, la telesecundaria Gabriela Mistral, cuenta con tres docentes, en la que la directora funge con doble función, al tener actividades propias del cargo y como docente.

Respecto de la infraestructura se puede decir que la comunidad cuenta con los servicios básicos de agua y luz, así como de alumbrado público en algunas de las calles principales. Las casas suelen ser de material tipo block, tabique y en algunos casos sillar. La calle principal de la comunidad se encuentra pavimentada, y el resto de las calles son de terracería o empedrado. Al centro de la comunidad se encuentra un panteón y la iglesia de la misma, además de tiendas o misceláneas en las que se encuentran productos de la canasta básica. Dependiendo de la estabilidad económica de las familias, algunas de ellas cuentan con servicio de cable e internet. Dentro de la comunidad, se cuenta con un centro de salud, sin embargo, se encuentra en desuso. No se cuenta con módulos de seguridad dependientes de la dirección de seguridad municipal.

El subdelegado municipal señala que las principales actividades de la comunidad son la agricultura y ganadería. También mencionó que varias personas ocupan puestos operativos en empresas y hay profesiones como albañilería y carpintería que se desarrollan dentro de la comunidad. Mencionó que varios jefes de familia marchan a los Estados Unidos de América con la finalidad de mejorar su economía familiar.

A partir del diagnóstico se estableció que el municipio de Amealco de Bonfil, en el año 2022 carecía puntualmente de un área de prevención del delito dentro del plan de gobierno, reciente mente en el 2023 se volvió a instaurar. Y que la población de la comunidad sufre de un consumo de sustancias nocivas en edades tempranas de 10 a 17 años aproximadamente. Con estos datos, se logó focalizar al sector muestra siendo niñas y niños de quinto y sexto grado de la escuela primaria Emiliano Zapata y niñas y niños de los tres grados de la escuela telesecundaria Gabriela Mistral, ubicada dentro de la comunidad de San Bartolomé del Pino.

En este sentido, el objetivo general fue proponer acciones sobre la importancia que tiene la prevención del delito primaria en edades tempranas y los beneficios que el deporte y la actividad física, que en su conjunto, pueden ofrecer a los estudiantes de escuela primaria y telesecundaria de la comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro.

Por lo que se plantearon tres objetivos específicos: el primero, proponer actividades para la prevención del delito a través del fomento deportivo y actividades físicas a los estudiantes de escuela primaria y telesecundaria. Persuadir a los menores, padres/tutores y docentes de la escuela primaria y telesecundaria. Y dar a conocer las distintas instituciones y/o áreas con las que cuenta el municipio en materia de prevención del delito en la escuela primaria y telesecundaria. Todos ellos en la comunidad de la comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro.

Metodología:

Se empleó una metodología de enfoque cualitativo encaminada a la intervención social a través de la investigación acción participativa. La intervención social, dice Sandra Losada (2016), “es una acción programada sobre un colectivo o grupo con el fin de provocar un cambio social para mejorar su situación” (p. 16). Desde el inicio hasta la culminación del proyecto se utilizó una investigación acción-participativa. Se tiene como universo Telesecundarias y Primarias del Municipio de Amealco de Bonfil, Estado de Querétaro, y como muestra la Telesecundaria Gabriela Mistral y la Primaria Emiliano Zapata. Ambas ubicadas en la Comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro. La muestra fue por conveniencia ya que hubo facilidades y apoyos por parte de los padres de familia e instituciones educativas y públicas para su ejecución.

Empleando una investigación de carácter cualitativo, se recopilaron datos mediante entrevistas, así como fuentes de información de distinta índole, como lo son

páginas web oficiales, libros, entre otro documentos como flayes y trípticos. Con la finalidad de provocar un cambio en el entorno social de la primaria y telesecundaria de la comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro, para su mejora, debido a sus necesidades y lograr así, un estado de bienestar. Lo anterior con especial énfasis en el deporte denominado balonmano o handball.

Se llevó a cabo la intervención social por un agente, dirigido a un colectivo de menores de edad. Se considera a las niñas y niños como un sector vulnerable pues se encuentran en una etapa clave en el desarrollo y socialización de los mismos (Losada, 2016). El agente de la intervención social fue la autora del presente proyecto, con el apoyo de especialistas en materia de psicología y las mismas docentes de las escuelas participantes. Se dirigió a un colectivo de menores de edad pertenecientes a la comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil. Se tuvo un nivel de intervención grupal y comunitaria, buscando una mejora en la vida de la comunidad, ya que se dirigió a un grupo de la población en especial, siendo el grupo de quinto y sexto de primaria y los tres grados de la telesecundaria, ambas escuelas pertenecientes a la comunidad antes mencionada, con un total de 74 (setenta y cuatro) alumnos.

Las consideraciones éticas llevadas a cabo fueron las siguientes. Se solicitó previamente una autorización con la autoridad de la comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro. Por lo que el subdelegado municipal de esta comunidad, expidió una carta de autorización, en donde de manera expresa se estableció la autorización y aceptación del presente proyecto. Además, se solicitó la autorización a los padres de familia de las y los alumnos participantes, de ambas escuelas, puesto que se trata de menores de edad, así como el asentimiento de las NNA. En dicha autorización, se estableció la confidencialidad de los datos recuperados, la identidad de los menores, así como los posibles riesgos y la protección de datos y actuación ante los posibles riesgos.

Por sus siglas IAP (investigación-acción participativa), es un modelo de intervención social en el cual la población es el sujeto que se investiga, partiendo de la experiencia, necesidades y problemas. El hecho de que la misma población tenga una participación activa permite una “mejor adecuación de las respuestas a las necesidades y demandas de la población” (Losada S. p. 25, 2016). Así mismo, se planificó de manera flexible para lograr el objetivo deseado. Se trabajó mediante la investigación cualitativa, en donde se estableció el contexto y las situaciones concretas de la población evaluada. Entre las técnicas empleadas para llevar a cabo la investigación cualitativa, se realizarán entrevistas abiertas y grupos de discusión.

Se entrevistó al subdelegado municipal de la comunidad, madres y padres de familia, docentes y vecinos de la comunidad cercanas a las instituciones educativas donde se realizó este proyecto. Se acordó lo siguiente: establecer el ámbito deportivo y la actividad física en los NNA. Ejecutar una plática/taller mensual sobre un tema específico, relacionado a las problemáticas que presenta la comunidad y las necesidades identificadas por las maestras de cada institución. Así como la participación en competencias deportivas que se presenten durante el ciclo escolar 2022-2023.

Para la ejecución de este proyecto, se trabajó en ambas escuelas todos los martes y jueves, desde el inicio del ciclo escolar 2022-2023 hasta el día de la clausura de las mismas. En la escuela Telesecundaria Gabriela Mistral, se trabajó en un horario de 08:00 a 09:30 horas y en la escuela Primaria, en un horario de 09:40 a 10:30 horas.

Resultados:

En ambas escuelas, al inicio del ciclo escolar se llevó a cabo el pintado de las canchas donde se desarrolló la actividad física y el deporte. La pintura que se utilizó fue comprada con la donación monetaria de dos personas externas a la comunidad. Para la mano de obra, en la primaria, asistieron mamás y papás de manera voluntaria para pintar. En la telesecundaria, asistieron alumnos para poder pintar y dar mantenimiento, ya que esta cancha se encontraba más deteriorada. El balonmano requiere de balones especiales, con los cuales no contaban, por lo que se utilizó material propio para su implementación. Conforme la marcha, la telesecundaria compro 3

balones, y en la primaria solicitaron el contacto para conseguir balones.

En la Telesecundaria, no se contaba con un docente encargado de la materia de educación física, por lo que las maestras, la única indicación que dan a los alumnos es salir a jugar. Por lo tanto, no tienen ninguna actividad física correcta. Se comenzó con ejercicios básicos de actividad física, como trote, lagartijas, sentadillas, abdominales, variaciones de cada ejercicio, juegos de integración de grupo, ejercicios de coordinación y seguimiento de indicaciones, etc. En todas estas actividades participaron todas y todos los alumnos de la Telesecundaria. Posterior a ello se trabajó las siguientes semanas, con ejercicios básicos de iniciación al balonmano, pases, ciclo de pasos y bote, que es el fundamento del deporte (ver figura 1).

Figura 1

Encuentro deportivo en las instalaciones de la telesecundaria



Nota: Se invitó a un equipo femenil de balonmano del municipio de Tequisquiapan y se jugaron partidos amistosos entre los mismos integrantes en basquetbol femenil y futbol varonil.

En la Primaria, de agosto a octubre se trabajó de una manera muy lúdica, hasta que salió la convocatoria para los juegos estatales de educación básica del estado de Querétaro. Aquí se trabajaron los mismos ejercicios que en la secundaria, solo que adatados a la edad y la condición física del estudiantado. En esta escuela siempre hubo acompañamiento de la docente a cargo de ambos grupos, además de levantar incidencias cuando por el mismo ejercicio, alguno caía por accidente y sufría algún raspón.

La realización de pruebas físicas permite medir el rendimiento que tienen las y los estudiantes, además, permite visualizar cada movimiento que realizan. Con ello, lograr identificar la motricidad con la que cuentan. Estas pruebas, únicamente se aplicaran a la Telesecundaria, puesto que como ya se indicó anteriormente, en la primaria se dio todo de manera lúdica y no se requería esta evaluación.

A cada alumno participante se le entrego un formato para que llenara sus datos generales y anotara sus resultados. Se ocuparon dos días para realizarla, sin embargo, se realizaron con éxito. Al final del ciclo escolar se volvieron a realizar las mismas pruebas a todo el estudiantado, teniendo una gran diferencia de resultados de las y los participantes que estuvieron en la disciplina de balonmano.

A lo largo del ciclo escolar, aunado a las actividades deportivas realizadas los martes y jueves. Se impartió una serie de pláticas/talleres mensuales hasta finalizar el ciclo escolar (ver figura 2). Con un total de 12 pláticas en diferentes temas, como la inteligencia emocional, valores, alcoholismo, drogadicción, violencia, delitos cibernéticos. Para un total de 74 (setenta y cuatro) NNA participantes de ambas escuelas. Por parte de la actividad física se impartieron diversas actividades recreativas de actividad física y en la parte deportiva, se impartieron tres disciplinas: handball, futbol y basquetbol.

Figura 2

Plática de delitos cibernéticos por el área de prevención del delito de la Dirección Municipal de Seguridad



Nota: Por una incidencia en la primaria, la directora solicitó impartir el tema de los delitos cibernéticos, para lo cual se tuvo el acercamiento con el área de prevención del delito perteneciente a la Dirección de Seguridad Municipal. Asistieron a la escuela y presentaron el tema de delitos cibernéticos e hicieron hincapié en la Ley Olimpia.

Derivado de la práctica de handball, las NNA cuentan desarrollaron un mayor autoconocimiento y autocontrol. Obtuvieron una mejora física significativa en hábitos alimenticios y de salud mental. Las docentes de ambas escuelas participantes conocen un nuevo deporte y una mejor implementación de actividades físicas. Y los padres de familia y docentes tienen conocimiento y contacto con las dos áreas de prevención del delito que cuenta el municipio de Amealco de Bonfil, Qro.

Con los resultados obtenidos, se concretó la propuesta final en la priorización de la prevención del delito en edades tempranas mediante la aplicación de pláticas y talleres acompañado de actividad física y deporte. En niñas y niños de entre 12 (doce) a 12 (quince) años que cursen la escuela secundaria o telesecundaria, pertenezcan a clubs deportivos y/o academias de iniciación, o bien, talleres deportivos y/o culturales.

Conclusiones:

Sin duda alguna, el deporte es una gran herramienta de acción a favor de la prevención del delito. Como se observó en la parte teórica, el deporte forma parte de la prevención primaria en los grupos sociales, que al llevarlo a la práctica de una forma correcta pueden ser muy beneficiosa. Se requiere de un gran compromiso, puesto que al llevarlo a la práctica se notó una gran carencia de deporte en la comunidad, que se ve identificada desde casa al no tener un buen desarrollo de habilidades motrices.

Se observo un desarrollo y crecimiento personal y colectivo de cada uno de los individuos participes en la disciplina del balonmano. Al ser un deporte nuevo, con características muy diferentes a lo que estaban acostumbrados y sobre todo al trabajo colaborativo que se requiere. Este deporte nuevo, les permitió obtener una mejor condición física y con ello una mejor salud, puesto que mejoraron hábitos alimenticios como el aumento de consumo de frutas, verduras y de hidratación. Lograron desarrollar la toma de decisiones, a nivel neuronal, como se analizó en la parte teórica, el tiempo en la toma de decisiones y la evaluación de situaciones fueron un nuevo desarrollo en su día a día.

El compromiso que generaron hacia esta disciplina les permitió mejorar su conducta diaria en el horario escolar. En repetidas ocasiones, aquellos que no estaban en balonmano presentaron reportes, sanciones disciplinarias, etcétera, en comparativa de aquellos que si formaban parte de este deporte. En las pláticas/talleres que impartía, se veía reflejada la participación activa de las y los alumnos a mi cargo en el deporte. Pese a que se trabajaba de alguna manera en forma conjunta, era muy notorio el cambio entre alumnos de una disciplina y otra.

Cada tema impartido mediante las distintas dinámicas, fueron enfocadas a las necesidades que se observaba y se solicitaba por las docentes a cargo. Las cuales en la mayoría de los alumnos se notaron cambios en su personalidad y sobre todo en el último ejercicio de las dinámicas de ejecución. Es por ello, que dentro de esta propuesta final, se establece una justificación y acciones necesarias para llevar a cabo la correcta aplicación del programa.

Bibliografía:

Arriola Cantero, J. F. (2016). *Criminología: factores criminógenos y políticas públicas para la prevención de conductas antisociales*. Trillas.

Calderón, M., & Martínez, R. (2015). *El deporte como herramienta esencial para lograr la paz y el desarrollo en el mundo: una aproximación al caso colombiano del actual proceso de diálogo de la paz.* In la Asociación Latinoamericana de Ciencia Política (organización), ponencia presentada en VIII Congreso Latinoamericano de Ciencia Política, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Fondo de las Naciones Unidad para la Infancia (UNICEF), (junio, 2019). *La actividad Física en niños, niñas y adolescentes, Prácticas necesarias para la vida. Oficina Regional para América Latina y el Caribe*.

https://www.unicef.org/chile/media/3086/file/La%20actividad%20Física.pdf

INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda Movimientos migratorios*. https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/poblacion/m_migratorios.aspx?tema=me&e=22

INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda*. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Tabulados

Losada Menéndez, S. (2016). *Metodología de la intervención social.* Síntesis.

Navarrete Flores, P. (2024) *Prevención del Delito a través de la Actividad Física y el Deporte en la primaria y telesecundaria de la Comunidad de San Bartolomé del Pino, Amealco de Bonfil, Querétaro* [Memoria de Servicio a la Comunidad, Universidad Autónoma de Querétaro].

Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el Delito. (2011). *Manual sobre la aplicación eficaz de las Directrices para la prevención del delito. Naciones Unidas*. Nueva York. https://www.unodc.org/documents/justice-and-prison-reform/crimeprevention/Handbook_on_the_Crime_Prevention_Guidelines_Spanish.pdf

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, (30 de enero de 2023). *6,000 jóvenes de Querétaro se verán beneficiados por las mentorías del programa Juega, Vive*. https://www.unodc.org/lpomex/es/noticias/enero-2023/6-000-jovenes-de-queretaro-se-veran-beneficiados-por-las-mentorias-del-programa-juega--vive.html

Organización Mundial de la Salud, (5 de octubre de 2022). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: Actividad Física*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity

United Nations Office on Drugs and Crime. (febrero de 2022). *Parte 1 – Definición de «prevención del delito.* https://www.unodc.org/e4j/es/crime-prevention-criminal-justice/module-2/key-issues/1--definition-of-crime-prevention.html

Diseño de estrategia de contenidos en Facebook para la clínica universitaria ENSAIN

Estudiante Emily Martínez Ponce, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Artes, emartinez149@alumnos.uaq.mx

Dra. Rosa Alejandra Morales Velasco, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Artes, rosa.alejandra.morales@uaq.edu.mx

Resumen

Las redes sociales actualmente han permeado como medios de comunicación relevantes todos los sectores de la sociedad, incluyendo el sector institucional. Contar con una estrategia de comunicación digital para las empresas e instituciones apoya a que los mensajes puedan ser transmitidos de manera sencilla a los públicos objetivo. De manera específica en la Universidad Autónoma de Querétaro, a través de una investigación de campo se detectó la necesidad de una estrategia de contenidos para la Clínica universitaria ENSAIN con el objetivo de tener mayor alcance de la a la comunidad universitaria. De acuerdo con esto, se llevó a cabo el diseño de una estrategia de contenidos en Facebook a través de cinco fases: análisis, estructuración mediante público objetivo, diseño y elaboración, implementación y evaluación. Después de la implementación de la estrategia de contenidos se lograron números positivos en las métricas de alcance, interacciones y conversiones, lo que demuestra que hubo un acercamiento con la comunidad universitaria. Finalmente, con este caso de aplicación se puede asegurar que el diseño de una estrategia digital desarrollada de manera sistemática, permite apoyar la difusión de mensajes de manera sencilla, y así también ofrece la posibilidad de que dichos mensajes puedan llegar a mayor número de usuarios.

Palabras clave: estrategia digital, Facebook, ENSAIN, diseño gráfico, redes sociales.

Keywords: digital strategy, Facebook, ENSAIN, graphic design, social media.

Abstract

Social networks have currently permeated all sectors of society as relevant media, including the institutional sector. Having a digital communication strategy for companies and institutions helps ensure that messages can be transmitted easily to target audiences. Specifically at the Autonomous University of Querétaro, through field research, the need for a content strategy for the ENSAIN University Clinic was detected with the objective of having greater reach to the university community. According to this, the design of a content strategy on Facebook was carried out through five phases: analysis, structuring by target audience, design and development, implementation and evaluation. After the implementation of the content strategy, positive numbers were achieved in the reach, interactions and conversions metrics, which demonstrates that there was a rapprochement with the university community. Finally, with this application case it can be ensured that the design of a systematically developed digital strategy allows supporting the dissemination of messages in a simple way, and thus also offers the possibility that said messages can reach a greater number of users.

Key words: digital strategy, Facebook, ENSAIN, graphic design, social networks.

INTRODUCCIÓN

Planteamiento de la problemática.

Con la invención del Internet en 1957 y el surgimiento de las redes sociales, se originó una nueva forma de vida, la cual transformó la comunicación entre personas, regiones y naciones, se modificaron las relaciones sociales, las formas de establecer negocios, se innovaron las ventas y surgieron nuevas formas de

educación (Zuccherino, 2021). De igual forma Zuccherino (2021) comenta que dentro del informe titulado *We Are Social* de enero del 2021, se recabó información donde se muestra que el 59.5% de las personas están conectadas a Internet. Estos datos dan muestra de la presencia y revolución que tanto el Internet como las redes sociales representan hoy en día.

Ahora bien, dentro de esta era digital, el Internet ha evolucionado y ha innovado en las formas de conexión y acceso a la información, es así como surgen fenómenos que han cambiado drásticamente la forma en que se relacionan las personas. En este sentido, hacen acto de presencia las estrategias de comunicación digital en redes sociales.

Primeramente, es necesario establecer que una estrategia digital puede definirse como "un conjunto de procesos, acciones, recursos o procedimientos que se ponen en función de alcanzar un objetivo y cumplir las propuestas desde un punto de vista de la comunicación" (López, 2013 citado en Valois 2022, p. 36). Por otro lado, tal como lo menciona Ojeda (2012), las redes sociales se han ido transformando en relación con los intereses por parte de sus usuarios para interactuar dentro de cada plataforma y estas mismas son las que les permiten la posibilidad de expresión, comunicación y difusión de contenidos digitales, los cuales pueden llegar a un mayor número de personas.

En este sentido, se puede aseverar que una estrategia de comunicación digital implementada dentro de las redes sociales tiene por objetivo facilitar que el mensaje planeado se destaque de manera más sencilla y alcance a un mayor número de usuarios en Internet.

Asimismo, se puede decir que la comunicación digital implementada dentro de las redes sociales posibilita la construcción de una base sólida de seguidores existentes, al tiempo que brinda un ambiente adecuado para atraer nuevos seguidores. Lo anterior puede ser posible mediante la planificación y ejecución de estrategias específicas diseñadas para optimizar la visibilidad y la participación en las redes sociales, lo que fortalece la presencia en línea y la comunicación efectiva con el público objetivo (Assemblo, 2022).

De acuerdo con lo mencionado hasta este punto, y para contextualizar el objeto de estudio de esta investigación, es preciso decir que este mismo fenómeno de comunicación se ve refractado al interior de las instituciones educativas, tal es el caso de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

En esta institución educativa, se cuenta con la Coordinación de Estrategia Digital, que depende de la Dirección de Comunicación Estratégica. Ambas instancias universitarias enfocan sus esfuerzos en generar estrategias óptimas para la comunicación de la comunidad universitaria en estos espacios digitales, como lo son las redes sociales.

Como ya se ha expuesto, una estrategia de comunicación digital es elemental, y más dentro de una institución educativa, pues facilita la difusión de su identidad, razón de ser, valores, servicios, beneficios, etc. Así también, amplía su alcance a un mayor número de futuros usuarios y mantiene a los actuales, lo cual ayuda a promover su reconocimiento.

De manera específica, dentro de la UAQ, la Facultad de Enfermería fundó en el año 2000 la clínica Enfermería en Salud Integral (ENSAIN), que en sus inicios fue un proyecto estudiantil, el cual con los años empezó a crecer y se convirtió en lo que es hoy en día, una instancia universitaria que se dedica a la salud y la prevención de enfermedades, y que ofrece consultoría a la comunidad universitaria y a la población de Querétaro.

Actualmente, ENSAIN inspirada de instituciones de atención médica gratuitas mexicanas, como el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) e Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), ofrece distintos servicios como enfermería, medicina, psicología, nutrición y fisioterapia, catálogo de servicios, entre otros (González Montesinos, M.A., comunicación personal, 2023).

La clínica universitaria ENSAIN, actualmente tiene presencia en redes sociales como Facebook e Instagram, sin embargo, existen áreas de oportunidad

en la comunicación estratégica en estos medios de comunicación. Lo anterior se pudo constatar a través de una investigación de campo realizada en octubre del año 2023 por la investigadora de este proyecto. En este sentido, se tuvieron dos fuentes de información, la primera fue una entrevista en profundidad realizada al directivo de la clínica, y la segunda fue una encuesta autoadministrada por *Google Forms* realizada a la comunidad universitaria (docentes, estudiantes y personal administrativo).

Con respecto a la entrevista en profundidad realizada al directivo de la clínica universitaria ENSAIN, se obtuvieron los siguientes hallazgos con respecto a las áreas de oportunidad sobre la actual estrategia de comunicación digital en redes sociales. Primeramente, se encontró que es necesario un mayor alcance de la clínica universitaria ENSAIN a la comunidad universitaria. En este sentido, el término alcance se refiere al momento donde el contenido digital llega a un usuario que no forma parte de los seguidores del perfil o del contenido. Por otro lado, se detectó que es relevante dar a conocer su ubicación física dentro de Centro Universitario por medio de redes sociales, dato importante para tener afluencia de pacientes, el cual no sólo se resuelve al ofrecer la ubicación en un mapa, sino que se hace necesario la construcción de contenidos que contextualicen a las y los usuarios.

Lo anterior permite identificar la relevancia de tener una mayor difusión de los servicios que ofrece la clínica, pues también el titular de la clínica reveló que no cuentan con un gran número de pacientes. En este sentido, la clínica universitaria ENSAIN busca posicionarse dentro de la red social de Facebook a través de la construcción de contenidos útiles y de calidad relacionados con el tema de la salud.

Por otro parte, en cuanto a la encuesta autoadministrada por *Google Forms* realizada a la comunidad universitaria, la cual se hizo con un muestreo no probabilístico por oportunidad, en donde se obtuvieron 45 respuestas, se pudieron identificar los siguientes hallazgos:

- El 91% de la muestra conocen de los servicios ofrecidos por la clínica universitaria ENSAIN, aunque solo un 4.4% de ellos descubrieron de los servicios a través de redes sociales.
- Mientras que un 71 % se enteró de los servicios ofrecidos por ENSAIN a través de la recomendación de docentes, amigos o compañeros, lo que representa una comunicación directa, persona a persona.

De acuerdo con los anteriores datos, se puede decir que la gestión o coordinación de la comunicación en las redes sociales de la clínica de ENSAIN requiere de publicaciones las cuales se encarguen de difundir contenido sobre el cuidado, la prevención y la información de los servicios que ofrece la clínica, a través de elementos que comuniquen satisfactoriamente su objetivo.

Así mismo, resulta pertinente generar contenidos con periodos de tiempo más cortos para que su público pueda adquirir conocimientos sobre ENSAIN y salud de una forma más constante, todo esto bajo un estilo gráfico consistente que permita darle identidad a la clínica universitaria ENSAIN al interior de la UAQ y fuera de ella.

Finalmente se puede concluir que, las redes sociales de la clínica universitaria ENSAIN, a pesar de existir, no han logrado influir en la comunicación hacia la comunidad universitaria, esto porque no representan el primer punto de contacto donde la comunidad universitaria puede conocer o informarse sobre los servicios del ENSAIN.

Por lo anterior, la presente investigación enfoca su propósito en la problemática y necesidad de fortalecer la actual estrategia de comunicación digital de la clínica universitaria de ENSAIN, para de esta manera optimizar la gestión de la comunicación, así como la presencia dentro de las redes sociales con el fin de mejorar la difusión de los servicios médicos universitarios que esta dependencia se ofrecen.

Objetivo general

Diseñar una estrategia de diseño de contenidos en Facebook para la clínica universitaria ENSAIN de la Universidad Autónoma de Querétaro, con el fin de optimizar su alcance, interacciones y conversión en la información de los servicios que ofrecen.

Objetivos específicos

1. Analizar las métricas en redes sociales de la actual estrategia de diseño de contenidos de ENSAIN y opiniones del personal encargado, con el fin de establecer objetivos que se pretenden alcanzar.
2. Definir los intereses y necesidades del público objetivo representado por la comunidad universitaria, con el fin de proponer ideas, estilo visual y tipo de contenido de la estrategia de diseño de contenidos.
3. Diseño de estrategia de diseño de contenidos a través de la elección de redes sociales, creación de normas de estilos y planificación de contenidos con el propósito de crear las publicaciones que serán compartidas en las plataformas.
4. Planificación del contenido por medio de una calendarización, publicación del material previamente diseñado para ser difundido dentro de la red social Facebook.
5. Evaluar el impacto y efectividad a través de las métricas de alcance, interacciones y conversión en las redes sociales seleccionadas, para identificar el nivel de optimización logrado.

METODOLOGÍA

La presente investigación aplicó el siguiente modelo metodológico con el fin de desarrollar una estrategia de comunicación digital para la difusión de los servicios universitarios de la clínica ENSAIN. Para ello se implementaron fases de desarrollo con base en otras estrategias de comunicación que otras investigadoras e investigadores ya han aplicado.

De acuerdo con esto, se diseñó una metodología propia que consta de 5 fases: análisis, estructuración mediante público objetivo, diseño y elaboración, implementación y evaluación de resultados.

Fase 1.Análisis

En este apartado, se realizó el análisis de la situación actual de la red social Facebook de la Clínica Universitaria ENSAIN, con base en datos obtenidos de las estadísticas de esta misma, plataforma que actualmente tiene la clínica. Este análisis se enfocó en presentar los siguientes Key Performance Indicator (KPIS) o también conocidos como métricas, de las redes sociales que actualmente están funcionando para la clínica: alcance, interacciones y el número de nuevos me gusta/ seguidores.

Alcance

El alcance, es una métrica que pertenece al cono de conversión de *Notoriedad*, representado como un momento en donde el usuario no está familiarizado o no conoce el producto o servicio que se promociona, es probable que este usuario no siga las redes sociales de la empresa o institución, por lo que lograr notoriedad se vuelve un objetivo clave.

Según el análisis del alcance en la plataforma de Facebook para la Clínica ENSAIN, se observa una variación en el alcance de su contenido a lo largo de los primeros diez meses del año 2023. El período de julio-agosto 2023 destaca como el que alcanzó un mayor alcance, llegando a un total de 4,523 individuos. Por lo que podría indicar que hubo mayor constancia en las publicaciones lanzadas por el ENSAIN, donde el contenido pudo haber sido de mayor agrado a la audiencia.

Por otro lado, el bimestre comprendido de enero-febrero 2023, se coloca como el segundo con mayor alcance, llegando a un total de 3,164 individuos. Esta cifra muestra que tuvo un buen alcance a principios de año, probablemente relacionada con los nuevos objetivos individuales de mejora de salud por año nuevo, momento clave para la difusión de servicios y promociones relacionados con nuevas metas y cuidados de salud.

Por último, el bimestre de marzo-abril 2023 registró un alcance de 1,347 individuos, ubicándose en el nivel más bajo de los bimestres a lo que va del año 2023. Esta disminución podría señalar un momento de menor actividad respecto a contenido o menor impacto en las estrategias de comunicación implementadas durante ese periodo.

Interacciones

Esta métrica forma parte del cono de conversión de *Engagement*, enfocado en la interacción del usuario con los contenidos. En esta etapa, el objetivo es atraer al usuario y retenerlo para poder llegar a la fase de *Conversión*.

Para poder realizar un balance del estado actual, se analizaron en Facebook las reacciones, comentarios y compartidos en las publicaciones, de manera bimestral desde enero de 2023 hasta octubre de 2023.

Para ver a detalle los datos obtenidos en cuanto a reacciones, comentarios y compartidos, ver Tabla 1.

De acuerdo con la Tabla 1 observa que no es muy grande el número de interacciones dentro de la página de Facebook, sus reacciones son relativamente constantes, y se tiene como un gran número de reacciones el periodo enero-febrero con un total de 32, segudo por el periodo julio-agosto con 26 reacciones y el menor número que alcanzado fue de 11 en el bimestre de marzo-abril.

Tabla 1

Interacciones en Facebook de clínica ENSAIN de enero a octubre de 2023

Bimestre	Reacciones totales en el bimestre	Comentarios totales en el bimestre	Compartidos en el bimestre
1o de enero al 28 febrero	32	1	19
1o de marzo al 30 de abril	11	5	8
1o de mayo al 30 de junio	15	2	5
1o de julio al 31 de agosto	26	0	10
1o de septiembre al 31 de octubre	13	0	5

Me gusta y seguidores

Esta métrica forma parte del cono de conversión de Captación, enfocado en el momento donde el usuario ha dado "me gusta" a la página o se ha convertido en seguidor.

Para poder realizar un balance del estado actual, se revisaron de Facebook las reacciones y los seguidores, esto de acuerdo con las estadísticas de estas redes sociales, de manera bimestral desde enero de 2023 hasta octubre de 2023.

Para ver a detalle estos datos obtenidos, ver Tabla 2.

Tabla 2

Me gusta y seguidores en Facebook de clínica ENSAIN de enero a octubre de 2023

Bimestre	Me gusta a la página
1o de enero al 28 febrero	30
1o de marzo al 30 de abril	27
1o de mayo al 30 de junio	34
1o de julio al 31 de agosto	16
1o de septiembre al 31 de octubre	16

Según la Tabla 2, se puede notar que los Me gusta a la página, tienen un incremento en el bimestre de mayo-junio, con un total de 34 seguidores nuevos, mientras que los bimestres con un menor número fueron julio-agosto y septiembre-octubre, con un total de 16.

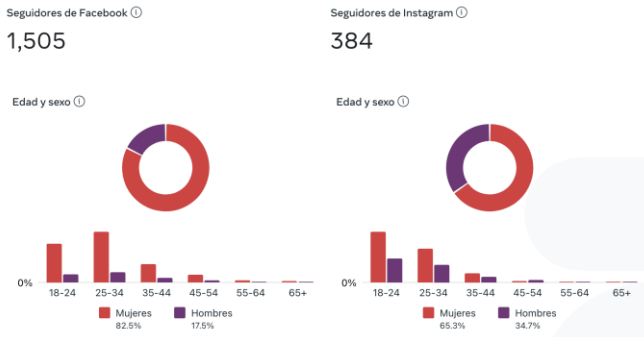
Así también, se puede observar que hubo un incremento en los primeros bimestres del año, pero ese incremento disminuye drásticamente en los últimos bimestres del año, esta disminución podría ser resultado de una falta de publicaciones constante o ausencia de la difusión de la cuenta ENSAIN en Facebook.

Fase 2.Estructuración mediante público objetivo

En cuanto a los usuarios de la clínica ENSAIN que se encuentran dentro de la plataforma de Facebook rondan principalmente en una edad de 25 a 34 años, mientras que el número de edad con menos presencia son los de 65 años y más, siendo la cuenta de ENSAIN seguida especialmente por un público adulto. De esos usuarios las mujeres lideran el porcentaje en ambas redes sociales, en Facebook con un 82.5% y los hombres con un 17.5%. Estos porcentajes, pueden verse con mayor claridad en la Figura 1.

Figura 1

Edad y sexo de usuarios en Facebook e Instagram



Como parte de una investigación de campo en esta fase, se diseñó una encuesta autoadministrada que fue lanzada a la comunidad universitaria. El muestreo para realizar esta encuesta fue no probabilístico por cuotas de voluntarios, en donde se seleccionaron estudiantes, docentes y administrativos.

Sobre los hallazgos, se presentan a continuación algunos datos relevantes que sirven para configurar la estrategia de diseño de contenidos en redes sociales.

Como respuesta que el servicio más importante era el de Psicología con un 84.4%, medianamente el servicio de Medicina y Enfermería, ambos con un 71.1% y el que consideraron menos relevante el de Oftalmología con 31.1%, ver Figura 2.

Sobre qué tipo de información sobre salud les gustaría recibir a través de medios digitales, se obtuvo que un 66.7% de la muestra prefiere los consejos de salud, el 57.8% comunicación de campañas de salud y en un menor porcentaje le gustaría ver una sección informativa con un 28.9%, ver Figura 3.

Por último, en cuanto al contenido digital que prefiere la comunidad universitaria fue el de Infografías con un 42.2%, seguido por videos cortos con un 35.6% y en menor número las fotografías con un 2.2%, ver Figura 4.

Figura 2

Servicios médicos que ofrece ENSAIN que se consideran más relevantes

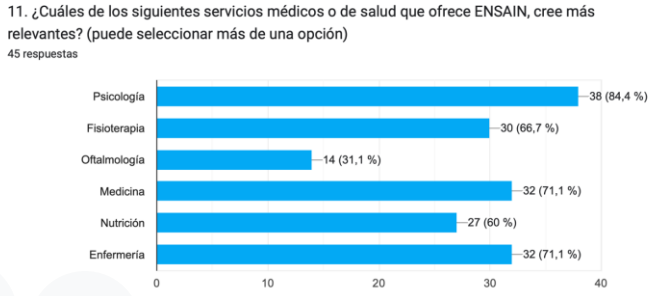


Figura 3

Información de salud que les gustaría recibir a través de medios digitales

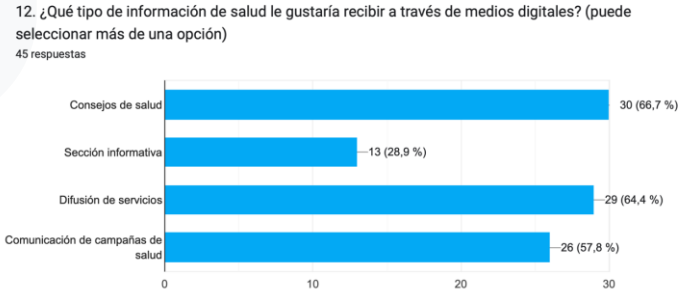
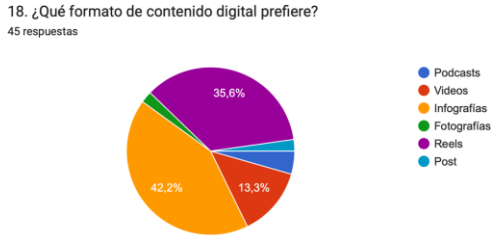


Figura 4

Preferencia de formatos para contenidos digitales en redes sociales



Fase 3.Diseño y elaboración

Narrativa o Storytelling

El *storytelling*, según la Universidad de Palermo (2023), es un término anglosajón que se refiere a la unión de dos términos, historia (story) y contar (telling). Al poder contar historias dentro de las publicaciones, se garantiza que el material pueda ser único, pues el contenido tendrá una perspectiva diferente (Vieira, 2021). Además Lupton (2017) menciona que el *storytelling* permite que los productos y mensajes lleguen a estimular la imaginación de los espectadores y pueda incentivar a que se den acciones y conductas con un fin.

Por lo tanto, para lograr esa conexión con el público, esta investigación plantea convertir a ENSAIN en una institución protectora de la comunidad universitaria, igual que una madre lo hace con sus hijos. Para lograrlo se plantean tres fases del storytelling en esta estrategia digital.

Fase 1 - Madre informadora

Una madre informadora se describe como aquella que busca priorizar que sus hijos posean educación y conocimientos. Una madre que informa busca temas de relevancia, los cuales ayudarán a sus hijos durante la vida cotidiana. Asimismo, comparte ese conocimiento por medio de difusión constante, fomentando la curiosidad, el pensamiento crítico y sobre todo el aprendizaje para preparar a sus hijos a enfrentarse a un mundo con una gran variedad de conocimientos.

Fase 2 - Madre preventiva

Una madre preventiva se considera aquella que busca implementar medidas enfocadas en la protección de la salud, seguridad y bienestar de sus hijos. Busca constantemente evitar que sus hijos sufran algún posible riesgo o peligro en su entorno, y buscará medidas para evitar o minimizar estas situaciones.

Fase 3 - Madre cuidadora

Una madre cuidadora se refiere a aquella que busca brindar de manera comprometida el cuidado físico y emocional de sus hijos. No solo busca cumplir las necesidades básicas de sus hijos, sino también brindar apoyo emocional, orientación, educación y un entorno apto para que tengan un desarrollo integral.

Diseño de Plan de contenido

La presente estrategia de contenidos digitales, se basa en el tipo de plan de contenido que implementa la Coordinación de Estrategia Digital de la Universidad Autónoma de Querétaro. Sin embargo, por la necesidad específica de este trabajo de investigación, se ha estructurado el plan de contenido con elementos oficiales, pero también con otros que le competen a la naturaleza de esta estrategia.

Estructura del Plan de Contenido:

- Nomenclatura:
  1-01 Código del contenido a publicar.
- Contenido fuente:
  Contenido que se pretende difundir.
- Fase del Storytelling:
  Contenido que se pretende difundir tomando como base una personalidad e historia.
- Tipo de contenido según su objetivo:
  Contenido que se pretende difundir siguiendo un objetivo específico.
- Tipo de contenido según el formato:
  Formato del contenido que será publicado.
- Copy:
  Texto informativo que acompañará a la publicación.
- Fecha:
  Día en que se lanzará.
- Horario:
  Hora de publicación del contenido.
- Kpi:
  KPIs que serán medidos en cada publicación.

Como una muestra de implementación del Plan de Contenido, se presenta la aplicación para una de las publicaciones.

- Nomenclatura:
  1-07-01
- Contenido fuente:
  Disminuir el impacto de las enfermedades y las lesiones en la comunidad universitaria y la

sociedad, con un enfoque preventivo, mejorando la calidad de vida.

- Fase del Storytelling:
  Madre informativa que busca priorizar que la comunidad universitaria posea educación y conocimientos.
- Tipo de contenido según su objetivo:
  Informativo para difundir el objetivo general.
- Tipo de contenido según el formato:
  Infografía.
- Copy:
  Conoce el objetivo principal de ENSAIN!
  Nuestro propósito es tu bienestar , por eso te invitamos a que descubras nuestro principal motor. #EnsainteInforma
- Fecha:
  29/07/2024
- Horario:
  8:00 pm
- Hora establecida por la Coordinación de Estrategia Digital gracias a una análisis de la actividad que tienen los usuarios.
- Kpi:
  Alcance.

Normas de estilo gráfico

Como parte del diseño de la estrategia digital, también se encuentran las normas de estilográfico, que son lineamientos de cómo ENSAIN se presenta a la comunidad universitaria de manera gráfica, en consonancia con la narrativa y tono y mensaje. A continuación se presentan sólo algunos de estos lineamientos en la Figura 5, Figura 6 y Figura 7.

Figura 5
Logotipo de ENSAIN



Figura 6
Paleta de colores propuesta

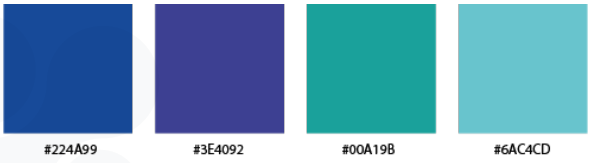


Figura 7
Tipografía propuesta

Futura SDT
A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s t u v w x y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Futura SDT Heavy
A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s t u v w x y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Futura SDT Book
A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s t u v w x y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Fase 4.Implementación

En esta fase, contempló la publicación en Facebook de los contenidos digitales. A manera de síntesis del Plan de Contenidos, se presenta en la Tabla 3 el desarrollo de las publicaciones realizadas.

Así también como muestra de dichas publicaciones se presentan las dos primeras publicadas. Los detalles se pueden ver en la Figura 8 y Figura 9.

Tabla 3

Implementación del Plan de Contenidos

Día de publicación	Hora de publicación	Fase del storytelling	Tema de la publicación
29 de julio de 2024	20:00 pm	Fase 1- Madre informadora	Objetivos ENSAIN
31 de julio de 2024	20:00 pm	Fase 1- Madre informadora	Propósitos ENSAIN
05 de agosto de 2024	18:00 pm	Fase 2- Madre preventiva	Enfoque preventivo ENSAIN
07 de agosto de 2024	18:00 pm	Fase 2- Madre preventiva	Servicios de salud
12 de agosto de 2024	20:00 pm	Fase 3- Madre cuidadora	Cuidados
14 de agosto de 2024	20:00 pm	Fase 3- Madre cuidadora	Cuidados
21 de agosto de 2024	20:00 pm	Fase 1- Madre informadora	Ubicación ENSAIN
28 de agosto de 2024	18:00 pm	Fase 2- Madre preventiva	Prevención
04 de septiembre de 2024	20:00 pm	Fase 3- Madre cuidadora	Testimonios

Figura 8

Publicación 1-07-01, se presenta el principal objetivo de ENSAIN



Figura 9

Publicación 2-07-01, se presentan los propósitos de ENSAIN



Fase 5.Evaluación de resultados

Para evaluar los resultados de la estrategia de contenidos digitales se realizaron dos etapas:

- **Primera etapa - Evaluación con expertas y expertos:** la primera etapa fue una evaluación cualitativa con expertas y expertos en comunicación digital, stakeholders y diseñadoras/ diseñadores gráficos en cuanto a dos contenidos gráficos propuestos (Figura 8 y Figura 9).
- **Segunda etapa - Evaluación de kpis con usuarios:** la segunda etapa es una evaluación se realizó con usuarios de la red social de Facebook, a través del monitoreo de los siguientes KPIs: alcance, interacción y conversión.

Primera etapa - Evaluación con expertas/expertos

La evaluación de contenido realizada por expertos, se aplicó por medio de una evaluación de diseño de contenido gráfico para redes sociales a través del Instrumento de evaluación de piezas gráficas publicitarias anunciadas en Facebook (Hurtado, 2021).

El instrumento evalúa de forma cualitativa la imagen, el texto y el color de una composición gráfica, y lo hace conforme a las seis funciones de la comunicación según Jackobson (Trigo, 2023), las cuales son los siguientes: fáctica o de contacto, poética o retórica, apelativa o conativa, expresiva o emotiva, representativa o referencial y metalingüística.

Este instrumento presenta una serie de preguntas abiertas y cerradas para cada una de las funciones de la comunicación, donde se indaga sobre la perspectiva del experto conforme a una pieza gráfica. Lo anterior ayuda a conocer si el elemento gráfico comunica de forma adecuada lo que se busca transmitir, conforme a estas seis dimensiones.

El instrumento de evaluación con expertos estuvo disponible en un periodo de trece días, el cual inició el 19 de junio y terminó el 2 de julio del año 2024. La evaluación fue enviada a ocho personas tanto a expertas y expertos en comunicación digital, como Directivos de la Clínica Ensain y a diseñadoras o diseñadores gráficos, pero solo se obtuvieron cuatro respuestas por parte de tres expertas y expertos en comunicación digital y un diseñador gráfico.

Como muestra de los datos obtenidos de esta evaluación se presenta a continuación una síntesis de los datos obtenidos para la evaluación del segundo contenido gráfico (Figura 9) propuesto para esta estrategia.

Función de contacto o fática

Se concluyó que las evaluadoras y evaluadores vieron, interpretaron, comprendieron y les interesó la imagen que se encuentra dentro del contenido, se considera que junto con el texto forma un todo coherente, armónico y memorable. Por otra parte, tres de los cuatro expertos consideraron que la imagen les llamó la atención, la consideran atractiva y que genera impacto, mientras que uno cree lo contrario. Gracias a la imagen se puede comprender el primer y segundo mensaje del contenido, el primero destacando los propósitos de ENSAIN y el segundo permitiendo que se conozca físicamente la clínica, invitando a acercarse a sus instalaciones.

Función de información o referencial

Se concluyó que las evaluadoras y evaluadores consideran que la imagen guarda una relación con lo que se busca transmitir, así como da a conocer de manera adecuada el mensaje que se busca transmitir, el cual es el propósito de la clínica ENSAIN.

Función de persuasión o conativa

Se concluyó que las evaluadoras y evaluadores si bien consideran que la imagen si les convence, no es del todo original o diferente al resto de contenidos similares a clínicas de salud.

Función de identificación o expresiva

Conforme a las respuestas analizadas, se obtuvo que las evaluadoras/evaluadores identificaron a la Institución de la cual es el contenido, en este caso ENSAIN, así mismo lograron reconocer el estilo visual de la clínica.

Función de convencionalidad o metalingüística

Conforme a los datos analizados, se puede concluir que la imagen ayudó a tener una buena interpretación del contenido mostrado y mejora la comprensión del mismo.

Función de estética o poética

Se concluyó que la imagen fue del agrado de las evaluadoras y evaluadores. En los cuatro análisis se consideró que era de su agrado; además, se consideró a la imagen como coherente dentro del contenido gráfico. Asimismo, se percibe como una imagen estética que contribuye a la persuasión del contenido.

En cuanto a la segunda etapa de evaluación que corresponde a los KPIs obtenidos de la implementación de la estrategia de contenidos, se presenta como los resultados en este artículo.

RESULTADOS

A manera de resultados se presenta el monitoreo de los siguientes KPIs: alcance, interacción y conversión en la etapa de implementación de la presente estrategia de contenidos en Facebook. Para ello se pueden ver a detalle en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados de la implementación de la estrategia de contenidos digitales en el Facebook de ENSAIN

Nomenclatura	Tipo de contenido	Día de publicación	KPIS		
			Alcance	Interacción	Conversión
1-07-1	Infografía	29 de julio de 2024	335		
2-07-1	Infografía	31 de julio de 2024	315		
3-08-2	Infografía	05 de agosto de 2024		7	
4-08-2	Fotografía	07 de agosto de 2024		11	
5-08-3	Infografía	12 de agosto de 2024	1811		
6-08-3	Infografía	14 de agosto de 2024	227		
7-08-1	Video	21 de agosto de 2024			3
8-08-2	Video	28 de agosto de 2024			2
9-09-3	Video	04 de septiembre de 2024			1

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En conclusión, se puede deducir que la creación de una estrategia de contenidos es fundamental para el entorno digital actual, pues permite generar una mayor atención hacia el usuario, una mejor retención de la audiencia hacia lo que se busca ofrecer, así como facilitar la comunicación entre emisor- receptor y fortalecer la relación con la audiencia.

Asimismo, una estrategia de contenidos potencia la presencia de la marca u organización dentro de su sector, transmite correctamente su intención y mensaje a la audiencia, y esto resulta en que más personas tengan interés en ella y se acerquen.

El diseño gráfico es fundamental para el desarrollo de una estrategia de contenidos, ya que ayuda a presentar la identidad de la marca que se desea transmitir, por medio de colores, logos, iconos y figuras. Facilita la

captura de la atención de los usuarios a través de formas, colores y composiciones, lo que permite que la marca se muestre de manera atractiva y accesible al público, fomentando así la conexión y lealtad. El diseño gráfico simplifica mensajes e ideas, haciéndolos más digeribles y memorables para la audiencia, en diversos formatos y tipos de contenido, como resultado, los contenidos logran alcanzar a un público más amplio y la marca u organización puede ser más conocida.

Una manera eficaz de evaluar el éxito de una estrategia de contenidos es establecer los KPI que se alineen con los aspectos que se desean potenciar. Al analizar estos indicadores clave, resulta más sencillo comprender lo que la audiencia busca en una marca, organización o institución, ya que se cuenta con datos numéricos que indican qué contenidos funcionan y cuáles no. Con esta información, se pueden tomar decisiones que contribuyan al crecimiento y posicionamiento de una marca en redes sociales.

Por otra parte, una estrategia de comunicación debe fundamentarse en una narrativa o *storytelling*, ya que permite crear contenidos únicos basados en la historia que se desea transmitir de la marca u organización. Además, facilita seguir una línea narrativa que permite a la audiencia conocer a la marca de manera más personal y establecer una relación más sólida. Al presentar a la marca de forma más cercana, se logra que la audiencia le tome aprecio y se genere un sentimiento de pertenencia hacia ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hurtado, D. (2021). Diseño de un instrumento de evaluación para piezas gráficas publicitarias anunciadas en el Facebook de la carrera de Diseño Gráfico de la PUCESE. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

López, W. (2013). Estrategias de Comunicación Digital a través de redes sociales en línea (Facebook y Twitter): Un estudio comparativo sobre activismo digital de movimientos sociales juveniles en red de El Salvador y el movimiento #YoSoy132 de México. (Tesis de Maestría). Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.

Lupton, E. (2017). El diseño como storytelling.

Nicolás Ojeda, M. Á. (2012). Estrategias de comunicación en redes sociales (M. Á. Nicolás Ojeda & M. d. M. Grandío Pérez, Eds.). GEDISA.

Palermo, U. (2023, 7 de diciembre). ¿Qué es el storytelling? | Universidad de Palermo. UP | Universidad de Palermo. https://www.palermo.edu/negocios/que-es-el-storytelling.html

Trigo, B. (2023, marzo 14). Funciones del lenguaje según Roman Jakobson – Resumen. unprofesor.com. https://www.unprofesor.com/lengua-espanola/funciones-del-lenguaje-segun-roman-jakobson-resumen-3040.html

Valois, S. L. G. (2021). Estrategia de Comunicación digital para captar a nuevos alumnos de pregrado para la Carrera de Comunicaciones en la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL) En tiempos de Covid-19 para el periodo 2020-02. Repositorio de la Universidad San Ignacio de Loyola. Recuperado 19 de noviembre de 2023, de https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/59cdb610-c174-42b9-b922-6b1d4b34cf43/full

Vieira, D. (2021, 16 de agosto). ¿Qué es el Storytelling? La guía completa para dominar el arte de contar historias. Rock Content - ES. https://rockcontent.com/es/blog/que-es-storytelling/

Zuccherino, S. (2021). Social Media Marketing: La revolución de los negocios y la comunicación digital.

Actividad eléctrica cerebral en el procesamiento de locuciones verbales

Jessica Fernanda Ayala Mosqueda
Facultad de Lenguas y Letras, UAQ
jayala01@alumnos.uaq.mx

Gloria Nélida Avecilla Ramírez
Facultad de Psicología y Educación, UAQ
gloria.avecilla@uaq.mx

Karina Hess Zimmermann
Facultad de Psicología y Educación, UAQ
karina.hess@uaq.mx

Resumen

Las locuciones verbales o *idioms* son expresiones lingüísticas muy importantes de la lengua por su frecuencia de aparición (Villagrana, 2015) y riqueza conceptual (Gibbs, 2010). Se componen de varias palabras que funcionan como una sola. Una de sus características principales es la fijación de su estructura (inalterabilidad). Si bien ésta ha sido ampliamente discutida en la lingüística, aún no hay un consenso claro sobre si depende de factores semánticos o pragmáticos. Recientemente, se ha abordado el estudio de las locuciones desde el procesamiento cerebral de los hablantes por medio de los Potenciales Relacionados con Eventos (PRE). No obstante, los estudios han sido escasos. Por tal motivo, este estudio pretende determinar qué factores intervienen en el procesamiento de la fijación de las locuciones por medio de PRE. En el estudio participaron 7 jóvenes mexicanos de entre 18 y 30 años. Se midió su actividad eléctrica cerebral mientras leían locuciones dentro de contextos idóneos en tres diferentes tipos de condiciones: locución no modificada, locución modificada semánticamente y locución modificada morfosintácticamente. Los resultados muestran que las locuciones modificadas generan la aparición de un efecto N400, mientras que en las locuciones no modificadas se observa solamente un efecto P600. Dichos resultados son discutidos en el marco de las teorías lingüísticas actuales.

Palabras clave: locución verbal, idiom, fijación, Potenciales Relacionados con Eventos (PRE), N400, P600

Abstract

Idioms are highly significant linguistic expressions in language due to their frequency of occurrence (Villagrana, 2015) and conceptual richness (Gibbs, 2010). They are composed of multiple words that function as a single unit. Their primary characteristic is structural fixation (unalterability), which has been widely discussed. However, there is still no clear consensus on whether it depends on semantic or pragmatic factors. Recently, the study of idioms has been approached through the brain processing of speakers using Event-Related Potentials (ERP). Nonetheless, studies have been scarce. For this reason, the present study aims to determine the possible factors that intervene in the processing of verbal phrases fixation using ERP. The study involved 7 young Mexican participants between the ages of 18 and 30. Their brain activity was measured while reading different idioms within appropriate contexts under three different conditions: unmodified, semantically modified, and morphosyntactically modified. The results show a N400 effect in the modified idioms and a P600 effect in the unmodified idioms. These results are discussed within the framework of current linguistic theories.

Keywords: idioms, fixation, Event-Related Potentials (ERP), N400, P600

Introducción

Las locuciones verbales o *idioms*[1], es decir, expresiones lingüísticas como *mover el bote* o *agarrar la onda*, son parte fundamental de la lengua debido a su frecuencia de aparición (Villagrana, 2015)

[1] Por su nombre en inglés.

y riqueza conceptual para comunicar ideas de forma compacta y vívida (Gibbs, 2010). Estas unidades se caracterizan por tener en su estructura más de una palabra y funcionar como sintagma verbal, como en *hacer circo, maroma y teatro* que, aunque se constituye de varias palabras, en realidad funciona como si fuera una sola, en este caso, un verbo (esforzarse, exagerar). Sus características más importantes son la idiomaticidad y la fijación. La primera se refiere a que su significado no se puede inferir a través de la suma de cada una de las palabras que la conforman. Por ejemplo, en la locución *colgar los tenis*, es imposible acceder al significado correcto (morir) a partir de los significados de las palabras que la conforman. La segunda característica de las locuciones, objeto del presente estudio, es la fijación de la estructura. Es decir, los elementos que constituyen a una locución no pueden ser modificados o eliminados porque la estabilidad de éstos asegura el significado de la locución completa. Por ejemplo, la locución *doler el codo* (ser avaro), pierde su significado si sufre alteraciones como 'doler los codos' o 'doler el brazo'.

Desde la lingüística hispánica (véase Montoro del Arco, 2020; Ruiz Gurillo, 2001; Timofeeva, 2015, Hess Zimmermann et al., 2023) y anglosajona (véase Gibbs, 2010) se han hecho diversos acercamientos a la descripción de estas unidades de lengua, de modo que es posible observar el estudio de la fijación desde tres diferentes perspectivas: la morfosintáctica, la semántica y la pragmática.

El enfoque morfosintáctico fue el primero en señalar la importancia de la estabilidad de la locución para reconocer su significado. Sin embargo, no profundiza en los procesos que llevan a la fijación, considerándola arbitraria. Este enfoque prioriza la descripción de la fijación estructural de cada una de las partes que conforman a las locuciones, cuya fijación se observa en la inalterabilidad, invariabilidad, inmodificabilidad e insustituibilidad de cada uno de sus elementos formantes (Ruiz Gurillo, 2001). Los enfoques posteriores –más aceptados actualmente en la lingüística– retoman la idea de la fijación estructural, pero advierten que ésta no es arbitraria, sino que hay procesos que llevan a su creación. El enfoque semántico, por ejemplo, considera que la cohesión semántica que hay entre los elementos de una locución hace que una construcción de palabras se fije, de modo que las relaciones de significado entre los componentes de una locución impiden cambios estructurales de cualquier tipo (Gibbs, 2010). En cambio, el enfoque pragmático explica a la fijación como producto del uso social de la locución (Timofeeva, 2015). Es decir, sostiene que por medio de procesos de uso social se convencionalizan valores en las locuciones verbales que impiden ciertas flexiones, al mismo tiempo que se limita su aparición a contextos comunicativos específicos (Montoro del Arco, 2020).

Como se puede observar, en la lingüística aún no hay un consenso sobre si la fijación estructural de las locuciones obedece a factores semánticos o pragmáticos. Por ende, resulta necesario abordar su estudio desde una perspectiva diferente que nos permita aportar evidencia empírica a la discusión: el procesamiento cerebral de las locuciones que llevan a cabo los hablantes.

Una de las técnicas que nos permite conocer más acerca del procesamiento del lenguaje en los hablantes son los Potenciales Relacionados con Eventos (PRE), los cuales consisten en medir en tiempo real la actividad eléctrica cerebral en respuesta a un estímulo sensorial, motor o cognitivo. Esta actividad eléctrica se observa a través de oscilaciones de voltaje (ondas), las cuales se miden de acuerdo con su amplitud, latencia, polaridad y distribución topográfica sobre el cráneo (Rodríguez et al., 2008), de modo que por medio de esta técnica es posible observar el procesamiento en tiempo real de estímulos lingüísticos. Los PRE son cambios de voltaje que se ven como picos positivos o negativos que aparecen después de que se presenta un estímulo, y que se denominan *componentes* (Rodríguez et al., 2008). Los componentes que nos interesan en el procesamiento lingüístico de las locuciones verbales son el N400 –que tiene una polaridad negativa y una latencia entre los 300 y 400 milisegundos post estímulo, y se relaciona con las violaciones en las expectativas semánticas (Kutas y Federmeier, 2011)– y el componente P600 –con polaridad positiva y latencia

posterior a los 500 milisegundos post estímulo, y que se relaciona con violaciones morfosintácticas (Regel et al. 2014) y con el procesamiento de expresionesque requieren un análisis pragmático, como la ironía (Spotorno et al. 2013).

Los PRE han sido utilizados en estudios previos para analizar el procesamiento de locuciones. La mayor parte de las investigaciones han sido llevadas a cabo en chino (Liu et al., 2010; Zhang et al., 2013; Zhang et al., 2017), probablemente porque el uso de *idioms* en el idioma chino parece ser una práctica muy frecuente desde la infancia temprana (véase Yang et al., 2024). También existen, aunque en mucho menor medida, estudios en otras lenguas como el holandés (Hendricks et al., 2022; Rommers y Bastiaansen, 2013), el francés (Laurent et al., 2006) y el italiano (Canal et al., 2017). En general en los estudios sobre el procesamiento cerebral de las locuciones se han podido observar amplitudes mayores de N400 en las locuciones modificadas semánticamente (sustitución por palabra) a diferencia de las no modificadas, lo cual indica que existen problemas de integración semántica cuando la locución ha sido alterada. También, en este mismo tipo de modificación en chino (Liu et al., 2010) y holandés (Rommers y Bastiaansen, 2013) se han reportado amplitudes de onda mayores de P600 en las locuciones modificadas semánticamente a diferencia de las no modificadas. La manifestación subsiguiente de este componente podría deberse a las características sintácticas de estas lenguas, ya que ambas tienen una sintaxis fija y la mínima alteración de la forma de la locución requeriría de un reanálisis de la estructura.

Tomando en consideración que, a nuestro conocimiento, no existen estudios previos sobre el procesamiento cerebral de las locuciones verbales en español, la presente investigación tiene como objetivo aportar información sobre los procesos cognitivos que hay detrás del procesamiento de dichas expresiones lingüísticas mediante el uso de Potenciales Relacionados con Eventos (PRE). En específico, se pretende observar en qué nivel de lengua se encuentra la fijación: en el semántico o el pragmático.

Metodología

Participantes

Si bien este estudio pretende contar con una muestra total de 40 participantes, en el presente artículo se reportarán únicamente los resultados preliminares derivados del análisis del registro encefalográfico de 7 participantes. Dichos participantes fueron seleccionados de acuerdo con los siguientes criterios: debían ser mexicanos, hablantes de español como lengua materna, tener entre 18 y 30 años, ser diestros, tener visión normal o corregida, no haber sido diagnosticados con algún trastorno neurológico o de lenguaje, tener audición normal y tener estudios de nivel medio superior.

Instrumento

Se creó un instrumento específico para la realización del experimento. Para ello, primeramente, se seleccionaron las locuciones verbales que conformarían el instrumento a partir de la tesis doctoral de Villagrana (2015) sobre locuciones verbales del español de México. Una vez analizadas todas las locuciones incluudas en dicho trabajo, se decidió seleccionar las locuciones verbales compuestas por Verbo + Objeto directo debido a que eran las que tenían un mayor porcentaje de aparición y porque, al tener una composición relativamente más simple –y más prototípica del español–, se esperaba que su procesamiento fuera más sencillo.

Se obtuvieron 511 locuciones de este tipo y se clasificaron de acuerdo con sus constituyentes: argumentos del verbo, la presencia de preposiciones y el adverbio "no", así como el nivel de agramaticalidad. De acuerdo con la clasificación y los datos obtenidos, se eligieron las locuciones con la estructura Verbo + Objeto Directo (sin otras estructuras) porque eran las que aparecían con mayor frecuencia y, al no tener una preposición o complemento, se esperaba que tuvieran menos variables que controlar.

Después de haber elegido el tipo de locución verbal que se incluiría en el instrumento, se procedió a llevar a cabo una última selección de acuerdo con el grado de familiaridad y el conocimiento del significado que

tienen los hablantes mexicanos de las diversas locuciones, ya que el objetivo era seleccionar las más familiares y conocidas por los hablantes. Para ello se realizaron 245 encuestas de Google Forms a personas de entre 18 y 30 años quienes debían evaluar la familiaridad de diversas locuciones y expresar su significado. A partir de estos datos se seleccionaron aquellas locuciones que tuvieron un mayor promedio, tanto en la familiaridad como en el significado. La lista final obtenida quedó compuesta de 48 locuciones.

Después de la selección de las locuciones, se crearon contextos comunicativos en donde fueron insertadas. Los contextos se construyeron de acuerdo con los significados recopilados por Villagrana (2015), de manera que las locuciones fueran introducidas de forma lógica y predecible. En cuanto a su estructura, los contextos debían ser cortos, tener una estructura sintáctica sencilla, así como un vocabulario fácil para que la ininteligibilidad no fuera un problema durante el experimento. Las locuciones verbales se insertaron al final de los contextos como parte de un diálogo, ya que se sabe que estas estructuras forman parte de la lengua oral y su aparición en esta especie de contextos es más común y natural. Además, las locuciones verbales se conjugaron en tercera persona y en pretérito porque en esa persona y tiempo su aparición es más frecuente en el discurso (Fajardo Rojas, 2022). Cada locución se presentó en tres condiciones o contextos: locución no modificada, locución modificada en su morfosintaxis y locución modificada en su semántica. La locución no modificada sirvió como control para, a partir de ésta, comparar la respuesta de los participantes ante los dos tipos de modificación: morfosintáctica y semántica. En las tres condiciones se utilizó como palabra crítica (estímulo lingüístico clave) la palabra correspondiente al Objeto Directo. En la modificación morfosintáctica se alteró el número del sustantivo del Objeto Directo, ya sea en plural o singular de acuerdo con la locución original. Por su parte, en la modificación semántica se sustituyó el sustantivo del Objeto Directo por una palabra que estuviera relacionada semánticamente, para lo cual se usaron las *Normas de Asociación Libre* en español de la Universidad de Salamanca (Fernández, Díaz y Alonso, 2010). Es necesario mencionar que en la condición morfosintáctica se atribuirían las amplitudes de onda generadas a un procesamiento de tipo pragmático y no morfosintáctico, ya que las modificaciones morfosintácticas en el instrumento no eran agramaticales. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se presentaron las locuciones para las tres condiciones, así como el contexto previo.

Contexto: Rafael y María son novios. Rafael es muy celoso. Un día va al trabajo de María y hace un escándalo porque la ve platicando con un colega. Al día siguiente una amiga de María le dice:
Condición no modificada: Tu novio hizo un tango en el trabajo.
Condición modificada en su morfosintaxis: Tu novio hizo unos tangos en el trabajo.
Condición modificada en su semántica: Tu novio hizo un baile en el trabajo.

Después de haber creado los contextos y las condiciones de las 48 locuciones seleccionadas se formaron tres listas (A, B y C) en que serían presentadas las locuciones a los hablantes. Se organizaron las listas de tal forma que los participantes de la prueba únicamente fueran expuestos a un tipo de condición por locución y que no se repitiera la misma locución modificada en ninguna lista.

Paradigma experimental

Todos los participantes firmaron en un primer momento un consentimiento informado en el que establecieron que estaban de acuerdo con su participación en el estudio.

A los participantes se les colocó una gorra ElectroCap conectada al sistema de registro de electroencefalo-gramas. Los participantes estaban sentados en una silla mirando de frente al monitor de una computadora donde se les mostraba en el centro de la pantalla cada una de las historias en el siguiente orden: primero se mostraba una cruz durante 500 milisegundos, seguida de un intervalo de 200 milisegundos; después aparecían los enunciados de las historias por 1800 milisegundos con un intervalo de 200 milisegundos entre éstos. Posteriormente se presentaban las palabras de la oración crítica (el enunciado que

contenía la locución en alguna de las tres condiciones) con una duración de 500 milisegundos y con 200 milisegundos entre cada palabra. Finalmente, aparecían durante 200 milisegundos los signos de interrogación "¿?" para indicar que los participantes debían presionar una tecla si creían que la frase que leyeron era correcta o incorrecta para así avanzar a la siguiente historia.

Técnica de registro

El registro del electroencefalograma se realizó con una gorra ElectroCap equipada con 19 electrodos de Ag/AgCl de acuerdo con el sistema internacional 10-20: Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz, Pz. Las referencias fueron los lóbulos de las orejas con electrodos cortocircuitados. El tiempo de muestreo fue de 5 ms, y el filtro de banda estuvo entre 0.1 y 50 Hz.

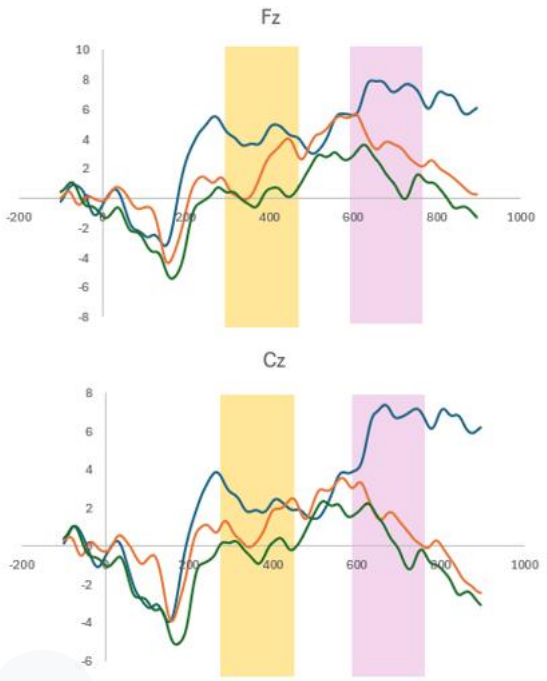
Resultados

De los registros encefalográficos de los participantes se obtuvieron los PRE y se promediaron para obtener los siguientes resultados.

En la Figura 1 se pueden observar los resultados obtenidos para la palabra crítica. En el recuadro amarillo se observa el componente N400 y en el rosa el componente P600. Las líneas azules corresponden al procesamiento de las locuciones no modificadas, las líneas naranjas al procesamiento de locuciones modificadas semánticamente y las líneas verdes al procesamiento de locuciones modificadas morfosintácticamente.

Se observa una amplitud de onda superior con voltaje negativo antes de los 400 milisegundos en las locuciones modificadas a diferencia de las no modificadas, por lo que puede decirse que ocurre un efecto N400 en el procesamiento de las locuciones alteradas en su fijación semántica y morfosintáctica. También, se aprecia una amplitud de onda con voltaje positivo posterior a los 600 milisegundos en las locuciones no modificadas a diferencia de las modificadas, por lo que se observa que ocurre un efecto P600 en el procesamiento de las locuciones en su forma original y no así en las que fueron alteradas.

Figura 1



PRE evocados por la palabra critica en locuciones sin modificar en azul, locuciones modificadas semánticamente en naranja y locuciones modificadas morfosintácticamente en verde. Se muestran los electrodos centrales Fz y Cz. Se observa un efecto N400 en las locuciones modificadas y un efecto P600 en las locuciones no modificadas. Fuente: elaboración propia.

Para comprobar que las diferencias entre las amplitudes de las tres condiciones en los componentes N400 y P600 eran estadísticamente significativas se promediaron los valores de voltaje de las ventanas de interés (350-450 msegs para el componente N400 y de 550-750 msegs para el componente P600) y posteriormente se realizó una ANOVA de medidas repetidas para cada componente. Los resultados estadísticos se pueden apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1
Resultados de ANOVA de medidas repetidas de las condiciones locución no modificada, locución modificada semánticamente y locución modificada morfosintácticamente para los componentes N400 y P600. Se encontraron efectos principales de condición para los dos componentes analizados.

Componente	F	G.L.	p	η^2p
N400	6.21	2,12	*0.014	0.50
P600	10.49	2,12	**0.002	0.63

Como se puede apreciar en la tabla, para ambos componentes hay una diferencia estadísticamente significativa al menos entre una de las tres condiciones. Posteriormente se realizó una prueba *post hoc Holm* para saber exactamente entre cuáles condiciones existía una diferencia significativa para cada componente. Los resultados se muestran en las Tabla 2 y 3, respectivamente.

Tabla 2
Resultados del *post hoc* para el componente N400 entre las condiciones: locución no modificada, locución modificada semánticamente y locución modificada morfosintácticamente.

		t	p Holm
No modificada	Modificada morfosintácticamente	3.007	*0.028
	Modificada semánticamente	3.097	*0.028
Modificada morfosintácti-camente	Modificada semánticamente	0.089	0.93

Como puede verse en la Tabla 2 referente al componente N400, la comparación entre la condición locución no modificada vs. locución modificada morfosintácticamente, así como locución no modificada vs. locución modificada semánticamente mostró una diferencia estadísticamente significativa, pero no así la comparación entre locución modificada morfosintácticamente y locución modificada semánticamente.

Tabla 3
Resultados del post hoc para el componente P600 entre las condiciones: locución no modificada, locución modificada semánticamente y locución modificada morfosintácticamente.

		t	p Holm
No modificada	Modificada morfosintáctica-mente	4.091	**0.004
	Modificada semánticamente	3.832	**0.005
Modificada morfosintácti-camente	Modificada semánticamente	-0.26	0.800

Por su parte en la Tabla 3, referente al componente P600, la interacción entre la condición locución no modificada vs. locución modificada morfosintácticamente, así como entre locución no modificada vs. locución modificada semánticamente mostró una diferencia estadísticamente significativa, pero no así la comparación entre la locución modificada morfosintácticamente vs. locución modificada semánticamente.

Discusión y conclusiones

Los resultados de este análisis preliminar de datos indican que hay diferencias entre el procesamiento de una locución verbal en su forma no modificada y modificada. Así, en las locuciones modificadas –ya sea semántica o morfosintácticamente– apareció un efecto N400, cuestión que señala que la mínima alteración en la fijación de la locución lleva a problemas de integración semántica, es decir, los hablantes no pueden entender el significado de las locuciones alteradas, lo cual hace que tampoco realicen un reanálisis del contexto para interpretarlas, hecho que se observa en la no aparición subsiguiente del efecto P600. Por otro lado, en las locuciones no modificadas no apareció un efecto N400, pero sí un P600, lo cual sugiere que los hablantes no tienen problemas para integrar su significado pero que sí recurren a un reanálisis de la información lingüística previa (contexto) para hacer una correcta interpretación de las locuciones, siempre y cuando éstas aparezcan en su forma original.

En conclusión, aparentemente, los hablantes procesan las locuciones verbales modificadas semántica y morfosintácticamente como un error de tipo semántico que les impide acceder al significado correcto. En cambio, cuando los hablantes procesan las locuciones verbales en su forma no modificada (original) recurren a un procesamiento de tipo pragmático para poder inferir el significado correcto de éstas de acuerdo con el contexto previo. Lo anterior nos lleva a pensar que, con base en los datos preliminares de nuestro estudio, la fijación de las locuciones parece ocurrir en el nivel semántico de la lengua. Cabe mencionar que estos resultados preliminares deberán ser verificados con los datos finales que se obtengan en un futuro cercano.

Referencias bibliográficas

Canal, P., Pesciarelli, F., Vespignani, F., Molinaro, N. y Cacciari, C. (2017). Basic composition and enriched integration in idiom processing: An EEG study**.** *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *43*(6), 28-943. https://doi.org/10.1037/xlm0000351

Fajardo Rojas, C. T. (2022). *Análisis léxico-gramatical de locuciones verbales del español de México*. [Tesis de doctorado]. El Colegio de México.

Fernández, A., Díez, E. y Alonso, M. A. (2010). *Normas de asociación libre en castellano de la Universidad de Salamanca* [Base de datos online]. https://iblues-inico.usal.es/iblues/nalc_home.php

Gibbs, R.(2010). Idioms. En L. Cumming (Ed), *The Routledge Pragmatics Encyclopedia* (pp. 204-205). Routledge.

Hendriks, M., Van Ginkel, W., Dijkstra, T. y Piai, V. (2022). Dropping beans or spilling secrets: how idiomatic context bias affects prediction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *34*(2), 209–223. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01798

Hess Zimmermann K., Palacios Cuahtecontzi, N. y Hernández Valencia, A. (2023). ¿Cómo cae el veinte de las locuciones?: Reflexiones metalingüísticas de niños y adolescentes. En D. Solares-Pineda y K. Hess Zimmermann (Eds.), *Aprendizaje y contexto. La lengua y las matemáticas en la educación básica* (pp. 117-142). Ediciones Comunicación Científica.

Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, *62*, 621–647. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123

Laurent, J.P., Denhières, G., Passerieux, C., Iakimova, G. y Hardy-Baylé, M.C. (2006). On understanding idiomatic language: The salience hypothesis assessed by ERPs. *Brain Research*, *1068*(1), 151-160. doi:10.1016/j.brainres.2005.10.07

Liu, Y., Li, P., Shu, H., Zhang, Q. y Chen, L. (2010). Structure and meaning in Chinese: An ERP study of idioms. *Journal of Neurolinguistics*, *23*(6), 615-630. https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2010.06.001

Montoro del Arco, E. (2020). La fijación flexiva de los fraseologismos: corpus frente a diccionarios. *Círculo de Lingüística Aplicada a la Comunicación*, *82*, 41-54. https://doi.org/10.5209/clac.68962

Regel, S., Meyer, L. y Gunter, T. (2014). Distinguishing neurocognitive processes reflected by P600 effects: evidence form ERPs and neural oscillations. *PLoS ONE*, *9*(5). 10.1371/journal.pone.0096840

Rodríguez, C., Prieto, B. y Bernal, J. (2008). Potenciales relacionados con eventos (PRE): aspectos básicos y conceptuales. En J. Silva (Ed.), *Métodos en neurociencias cognoscitivas* (pp. 65-107). Pax México.

Rommers, J., Dijkstra, T. y Bastiaansen, M. (2013). Context-dependent semantic processing in the human brain: evidence from idiom comprehension. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *25*(5), 762–776. doi:10.1162/jocn_a_00337

Ruiz Gurillo, L. (2001). *Las locuciones en español actual*. Arco Libros.

Spotorno, N., Cheylus, A., Van Der Henst, J. B. y Noveck, I. A. (2013). What's behind a P600? Integration operations during irony processing. *PloS One*, *8*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066839

Timofeeva, L. (2015). Locuciones. En Javier Gutiérrez (Ed.), *Enciclopedia de Lingüística Hispánica* (pp. 679-688). Routledge.

Villagrana, D. (2015). *Locuciones verbales del español de México*: *análisis de su tratamiento lexicográfico*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Cádiz.

Yang, J., Grøver, V. y Lawrence J.F. (2024). Chinese mothers use idioms in shared book reading: A predictor for children's Chinese vocabulary growth? *Journal of Child Language*, 1-27. doi:10.1017/S0305000924000266

Zhang, H., Yang, Y., Gu, J. y Ji, F. (2013). ERP correlates of compositionality in Chinese idiom comprehension. *Journal of Neurolinguistics, 26(1),* 89-112. doi:10.1016/j.jneuroling.2012.05.

Zhang, M., Lu, A. y Song, P. (2017). ERP evidence for the activation of syntactic structure during comprehension of lexical idiom. *Journal of Psycholinguistic Research*, *46*(5), 1137-1148. https://doi.org/10.1007/s10936-017-9485-z

Competencias digitales en universitarios de tres perfiles sociodemográficos distintos

María Antonieta Mendoza-Flores

Miriam Herrera-Aguilar (asesora)

mmendoza119@alumnos.uaq.mx

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen

El objetivo de este estudio es identificar el desarrollo de competencias digitales y de otras alfabetizaciones con las que cuentan estudiantes de educación superior en Querétaro, pertenecientes a tres perfiles sociodemográficos distintos, para llevar a cabo su proceso de enseñanza-aprendizaje en un contexto de cultura digital, así como identificar las necesidades de formación al respecto, desde su propia percepción. La perspectiva teórica se desarrolla desde la educomunicación, en tanto que aborda la compleja integración de las TDIC en los contextos educativo-comunicacionales. Los principales resultados dejan ver que los participantes en el estudio han desarrollado, tanto en el ámbito escolar como a partir de una autoformación, competencias en alfabetización digital, informacional y lectoescritura crítica. En cuanto a la identificación de necesidades, se señala continuar una formación y autoformación en las alfabetizaciones informacional y digital; además de trabajar para disminuir las brechas digital y cognitiva.

Palabras clave: alfabetización digital, alfabetización informacional, universitarios, educomunicación, competencias digitales.

Abstract

The objective of this study is to identify the development of digital competencies and other literacies in higher education students, with three different sociodemographic profiles, in Queretaro, Mexico, to specify their teaching-learning process in a context of digital culture, as well as to identify education needs in this regard, from their own perception. The theoretical perspective is developed from *educommunication*, as the integration of TDIC in educational-communication contexts. The methodological approach is mixed, predominantly qualitative. The main results show that participants in the study have developed, both at the school environment and through self-training, skills in digital and information literacy, as well as a critical literacy for reading and writing. Regarding the identification of needs, it is necessary to continue training and self-training in information and digital literacy. In addition to working to reduce the digital and cognitive gaps.

Keywords: digital literacy, information literacy, students, educommunication, digital skills.

Introducción

El ámbito educativo, en todos sus niveles, ha sufrido diversos cambios a partir del desarrollo acelerado e integración de las Tecnologías Digitales de Información y Comunicación (TDIC) en su contexto, y de la conformación de lo que hoy se denomina cultura digital. En lo que concierne a la Educación Superior, la integración de las TDIC trae consigo ventajas, desventajas y retos para sus actores: docentes, estudiantes y la comunidad a la que pertenecen.

El estado del arte sobre el tema deja ver que las ventajas de integrar las TDIC se anidan en las oportunidades de crear ambientes de aprendizaje más versátiles, dinámicos y significativos para sus actores, de automatizar tareas repetitivas y burocráticas, así como de tener acceso a una amplia gama de recursos digitales para la gestión y

uso de información y conocimientos, entre otras. En lo que respecta a las desventajas, se identifican, principalmente, las brechas de acceso y cognitiva; al respecto, la falta de infraestructura técnica, de formación o autoformación de los actores, acentúa necesariamente las desigualdades sociales y éstas se reproducen en el contexto universitario, por interpelar a Bourdieu y Passeron (1964), tanto en estudiantes como en docentes.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo identificar el desarrollo de competencias digitales y de otras alfabetizaciones con las que cuentan estudiantes de educación superior, pertenecientes a tres perfiles sociodemográficos distintos, para llevar a cabo su proceso de enseñanza-aprendizaje en un contexto de cultura digital, así como identificar las necesidades de formación al respecto, desde su propia percepción.

En lo que respecta a la perspectiva teórica del presente estudio, se recurre a la dupla comunicación-educación, también denominada *Educomunicación*; misma que aborda la compleja integración de las TDIC en los contextos educativo-comunicacionales.

Al respecto, Cabero Almenara et al. (2000) mencionan que las tecnologías de comunicación son un parteaguas para los diferentes ámbitos de la vida social. La interrelación que existe entre la sociedad y las tecnologías es innegable, por ello, no trabajan de manera independiente, "ya que toda acción tecnológica es una acción social y, por tanto, con fuertes significaciones en lo económico, político y cultural" (Cabero Almenara et al., 2000, p. 16).

Con respecto de la relación tecnologías-educación, Livingstone (2011) observa que las herramientas digitales ponen desafíos importantes para quienes las usan, ya que se necesita de una actualización continua de las habilidades y conocimientos debido a su vertiginoso desarrollo. En el mismo sentido, Emilia Ferreiro (2011) puntualiza, de manera crítica, que la educación y el desarrollo de tecnologías es algo digno de reflexionar debido a que:

> [...] la institución escolar es altamente conservadora, reacia a la incorporación de nuevas tecnologías que signifiquen una ruptura radical con prácticas anteriores. La tecnología de las PC e Internet dan acceso a un espacio incierto, incontrolable; pantalla y teclado sirven para ver, para leer, para escribir, para escuchar, para jugar…. Demasiados cambios simultáneos para una institución tan conservadora como la escuela (p. 432).

En este sentido, Cabero Almenara et al. (2000) consideran que las TDIC podrían incorporarse desde diferentes representaciones en la educación: como instrumento, como objeto de estudio y como recurso didáctico (entre otras); pero hacen hincapié en implementarlas como recurso didáctico para reflexionar acerca del impacto que pueden tener en la enseñanza; exponen que, "la realidad es que, si se desconocen los impactos de las tecnologías tradicionales, en este caso, el desconocimiento es mayor, ya que falta un verdadero debate sobre el uso reflexivo de las mismas" (p. 26). También señalan que las nuevas tecnologías, a diferencia de las tradicionales, se caracterizan, no por su aplicación como técnica educativa, sino por la capacidad de posibilitar, a quien las usa, un poder creativo, nuevos entornos de expresión y de comunicación; lo cual acerca a los alumnos y docentes a tener nuevas experiencias de formación.

En este contexto, los actores son llevados a desarrollar tanto conocimientos como habilidades y actitudes para la explotación de la creatividad, de las nuevas formas de expresión crítica y de una comunicación responsable. El desarrollo de estas nuevas competencias requiere de una apropiación de los usuarios no solo para la educación escolarizada, sino para aquella que se da a lo largo de su vida.

Aunado a lo anterior, Buckingham (2008) sostiene que "la cuestión fundamental es que los beneficios potenciales que ofrece la tecnología digital no se concretarán sin la intervención informada del docente ni la participación de los pares, de características diferentes" (p. 217).

En este contexto, es pertinente hablar de las consecuencias en las prácticas sociales que trae todo cambio en una sociedad; en este caso, las TDIC están generando cambios en la educación y entre los más sobresalientes están los usos de tales herramientas, así como los conocimientos y habilidades que se desarrollan en el usuario. La reflexión queda entonces en el impacto que estas pueden tener en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, estos cambios y consecuencias no llegan a toda la sociedad de la misma forma debido a las desigualdades existentes en el mundo.

¿Qué pasa entonces con los estudiantes que viven dentro de la brecha digital y/o cognitiva? La pregunta es pertinente porque se habla de nuevos aprendizajes, de nuevas habilidades, pero poco se habla de las desigualdades que sufren quienes viven tales brechas. A través de los años, el conocimiento y sobre todo las prácticas con la tecnología han encontrado diversas formas para seguir llegando a los estudiantes, entonces se puede hablar no solamente de "nuevas tecnologías", sino de "nuevas formas de acceder a y generar conocimiento", formas inclusivas y participativas, con una mirada hacia el uso democrático de la información y el conocimiento. Lo digital, incluidas las nuevas tecnologías, se vive a partir de la cultura y los cambios se van generando a partir de su uso, pero no de forma exclusiva; el conocimiento llega con o sin tecnología, lo que hay que refrescar son las metodologías en la educación.

En este marco, la aplicación de los principios de la cultura digital a la educomunicación implica la incorporación de nuevos paradigmas, conceptos y metodologías que se caracterizan a partir de la teoría del caos: los hipertextos e hipermedios, el principio de incertidumbre, la interactividad, la inmersión que involucra a todo el proceso educativo. Esto significa que, de aquí en adelante, será necesario pensar en otras alfabetizaciones ya que la primera responde al modelo de la sociedad industrial (Aparici, 2010, p. 20).

Este complejo contexto es el que enmarca teórica y conceptualmente la presente investigación.

Método

El enfoque metodológico desde el que se desarrolla esta investigación es mixto (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2010); ya que combina componentes cuantitativos y cualitativos en un sentido de complementación, encaminado a ofrecer "mayor entendimiento, ilustración o clarificación de los resultados de un método sobre la base de los resultados de otro método" (p. 561).

La muestra es cualitativa, de casos-tipo, cuyo "objetivo es la riqueza, profundidad y calidad de la información, no la cantidad ni la estandarización" (Hernández Sampieri et al., 2010, p. 397); así los grupos de trabajo se defines con base en determinadas características sociales y demográficas de sus integrantes. En este caso, se trabaja con tres grupos de estudiantes pertenecientes a distintos programas universitarios y diferentes contextos sociodemográficos: a) un contexto rural de educación pública; b) un contexto urbano de educación pública; y c) un contexto urbano de educación privada.

En lo que respecta al instrumento de recolección de datos, se aplica un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas, validado previamente con un grupo similar a los que conforman la muestra. Con el objetivo de optimizar el espacio, las preguntas del mismo se desarrollan paulatinamente en la presentación de los resultados, mismos que permiten cumplir con los objetivos de investigación formulados y se desarrollas enseguida.

Resultados y su discusión:

En las siguientes líneas se presentan los resultados obtenidos con base en los objetivos propuestos.

¿Quiénes participan en este estudio?
Como ya se mencionó, los casos de estudio de esta investigación se integran por tres grupos de estudiantes universitarios pertenecientes a tres programas de educación superior universitaria, ubicados en diferentes contextos sociodemográficos dentro del estado de Querétaro:

a) la Licenciatura en Desarrollo Local de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus Amealco, ubicada en Amealco, Querétaro (PUB RUR UAQ LDC), con un grupo de 10 estudiantes;
b) la Licenciatura en Contaduría Pública de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicada en el Centro Universitario, Querétaro, Querétaro (PUB URB UAQ LCP), con un grupo de 14 estudiantes; y
c) la Licenciatura en Comunicación de la Universidad Anáhuac, ubicada en El Marqués, Querétaro (PRIV URB UA LCOM), con un grupo de 11 estudiantes.

En lo que respecta al perfil de los 35 estudiantes participantes en el estudio, 29 son mujeres y 6 son hombres; al ser estudiantes universitarios, sus edades van de los 18 a los 25 años, pero la mayoría se ubica entre los 19 y 21 años de edad.

El acceso a la tecnología y a la conectividad, la universidad como espacio de democratización

En lo que concierne al acceso a la tecnología e internet, la totalidad de los estudiantes participantes (35) señala contar con equipo de cómputo en su universidad para trabajar y la mayoría, 33 de 35 (94%), afirma contar con conexión a internet, mientras dos de ellos (5.7%) niegan tenerlo. Sin embargo, los espacios donde los estudiantes acceden a internet son variados: 20 de ellos (57%) utilizan la conectividad del espacio universitario, 18 (51%) el de casa, 9 (26%) pueden, además, acceder a la red en cualquier lugar, a través de su teléfono celular, 4 (11%) lo hacen en un cibercafé y 1 en el espacio público, 11 de ellos (31%) dicen usar internet en todas las opciones anteriores. Como se puede ver, los universitarios aprovechan distintos espacios disponibles para la conectividad. En el mismo marco, 29 participantes (83%) poseen una computadora de uso personal y 6 (17%) no.

En cuanto al promedio de horas que los estudiantes participantes utilizan internet para su formación académica, 18 (51.4%) lo usan de 1 a 3 horas diarias, 13 (37.1%) de 3 a 6 horas, y 4 (11%) de 6 a 8 horas al día.

Con respecto de su trayectoria como usuarios de la tecnología, lo que permite desarrollar habilidades por su uso cotidiano, la mayoría, 27 de 35 (77.14%), donde quedan incluidos todos los estudiantes del contexto urbano y sólo 4 del rural, tuvo su primera experiencia con la computadora o el teléfono celular en la escuela primaria; 7 (20%) en la escuela secundaria y 1 (3%) en la escuela preparatoria, estos últimos 8 pertenecientes al contexto rural. Como se observa, el crecer en la ciudad o en contextos menos urbanos, aún marca una diferencia en el acceso a la tecnología, como bien lo señalan estudios antecedentes. Sin embargo, al tratarse de jóvenes que cursan estudios universitarios, todos cuentan con experiencia en el uso de tecnologías, aunque sea en mayor o menor proporción, lo que les ha permitido desarrollar competencias en distintas alfabetizaciones, como se desarrolla enseguida.

Los usos de la tecnología en estudiantes de educación superior

Si bien los usuarios de internet, incluidos los estudiantes universitarios, cubren distintas necesidades de su cotidianidad en las horas de conexión a la red, las actividades relacionadas con su vida académica tienen un lugar significativo; lo anterior se puede apreciar detalladamente en la Figura 1.

Figura 1. Tiempo dedicado a distintas actividades al momento de la conectividad

	RUR PUB UAQ LDC				PUB URB UAQ LCP				PRIV URB UA LCOM			
¿Cuánto tiempo dedicas a las siguientes actividades durante tu conexión a internet?	1hr o menos	de 2 a 3 hrs	de 3 a 5 hrs	5 hrs. o más.	1hr o menos	de 2 a 3 hrs	de 3 a 5 hrs	5 hrs. o más.	1hr o menos	de 2 a 3 hrs	de 3 a 5 hrs	5 hrs. o más.
Revisar correo electrónico	90%	10%	0%	0%	86%	7%	7%	0%	100%	0%	0%	0%
Escuchar música y videos musicales	10%	40%	20%	30%	7%	43%	36%	14%	55%	27%	18%	0%
Redes sociales	10%	30%	40%	20%	7%	50%	21%	21%	0%	27%	64%	9%
Búsqueda de información para tareas	0%	70%	20%	10%	7%	71%	21%	0%	9%	36%	55%	0%
Comunicarme con familiares y amigos	20%	20%	40%	20%	21%	43%	21%	14%	36%	45%	18%	0%
Otras actividades de ocio (videojuegos, lectura, etc.)	50%	30%	10%	10%	71%	7%	21%	0%	55%	36%	9%	0%
Realizar trámites administrativos	20%	70%	10%	0%	71%	21%	7%	0%	91%	9%	0%	0%
Compras en línea	80%	20%	0%	0%	93%	7%	0%	0%	73%	27%	0%	0%
Uso de servicios bancarios	60%	40%	0%	0%	79%	14%	7%	0%	100%	0%	0%	0%

Nota: Elaboración propia.

Como se observa, durante la conexión a internet, los jóvenes estudiantes dedican una parte significativa de su tiempo a la "búsqueda de información para realizar tareas académicas"; 70% de los participantes que pertenecen a los grupos de la universidad pública, tanto en el ámbito rural como en la ciudad, dedican de 2 a 3 horas diarias a dicha actividad; en el caso del grupo de la universidad privada urbana, 36% dedica el mismo tiempo a esta tarea y 55% aún más: de 3 a 5 horas.

En la misma línea, la mayoría de los jóvenes de los tres grupos participantes, dedica una hora o menos a "revisar el correo electrónico": 90%, 86% y 100% respectivamente.

Como se muestra en la misma Figura 1, otras actividades a las que los estudiantes dedican tiempo de manera significativa es la "comunicación con familiares y amigos", el "uso de redes sociodigitales", así como diversas actividades de ocio.

Estos resultados, además de mostrar que los usos de internet que hacen los estudiantes sujetos de estudio se dan tanto en el contexto escolar como fuera del mismo, coinciden ampliamente con los datos que se obtienen a nivel nacional a través de la *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares*; donde se muestra que internet se usa más frecuentemente para comunicarse, con 93.8% en 2022 y 93.3 % en 2023; para acceder a redes sociales, con 90.6% en 2022 y 91.5% en 2023; para el entretenimiento, con 89.6% en 2022 y 88.1% en 2023; así como para buscar información, con 89.3% en 2022 y 87.7% en 2023 (INEGI, 2023, 2024).

Al respecto, Aparici (2010) expone que las tecnologías nos dejan experiencias llenas de comunicación, también, fuera de la vida de las aulas. Esto significa que los conocimientos y las habilidades, que se adquieren y actualizan al hacer uso de las TIC, se dan tanto dentro como fuera de las instituciones educativas.

Aunado al manejo de programas de ofimática, que de manera general se desarrolla a lo largo de la escolaridad y se muestra indispensable para ejercer el rol de estudiante en la educación superior, se indaga sobre otros programas o plataformas que los actores participantes utilizan para realizar tareas y trabajos, así como sobre los conocimientos y habilidades para hacer uso de los mismos.

Al respecto, la plataforma que es mencionada por más de la mitad de los alumnos es la Suite Visual de Canva (herramienta de diseño gráfico en línea, gratuita, para la creación de publicaciones para redes sociales, presentaciones, carteles, videos, etc.), seguida de Kahoot (plataforma gratuita, en línea o en aplicación, para crear cuestionarios de evaluación de manera lúdica, donde los alumnos concursan al tiempo que aprenden o refuerzan conocimientos); un porcentaje mínimo (11%) menciona Adobe Creative Suite (integrado por programas de diseño gráfico, edición de video, diseño web y servicios en línea), Google Workspace (plataforma que integra programas de ofimática tradicionales, Gmail, Classroom, Meet y Drive, entre otros), y programas para editar el formato PDF; de manera aislada, se mencionan programas para editar video, hacer traducciones y realizar encuestas.

Lo anterior deja ver que los estudiantes universitarios que participan en el estudio hacen un uso relativamente limitado de programas y plataformas, ya que queda al margen una amplia variedad de recursos de los que se puede echar mano para hacer sus tareas de manera más eficiente. Para empezar, se menciona poco las bibliotecas digitales, las bases de datos académicas, las revistas académicas en línea (muchas de ellas gratuitas), las plataformas de gestión de aprendizaje en línea, entre otras.

Las competencias en alfabetización digital y otras alfabetizaciones

En cuanto a las habilidades para buscar información en internet y lograr el objetivo propuesto, 29 de los 35 estudiantes (85%) afirman que ello les resulta sencillo; al resto, 6 de 35 (15%), no les resulta fácil. Las explicaciones más respaldadas que ofrecen los primeros son las siguientes: 34% menciona que, con base en su experiencia, "sabe en dónde buscar" información confiable o "usa buscadores especializados"; 20% señala que, gracias al funcionamiento de internet, es rápido, fácil y eficaz encontrar la información deseada, ya que "hay respuesta a todo por internet"; 10% alude a la comprensión lectora para ello: "mediante la lectura, identifico lo que busco"; otro porcentaje similar precisa que "utiliza palabras, temas o conceptos claros" en tal quehacer. Por otro lado, el 15% que experimenta dificultades para cumplir con este objetivo, advierte sobre la necesidad de buscar información que sea confiable, ya que no toda lo es: "no es fácil encontrar fuentes confiables", es necesario "confirmar que sea confiable", además "aparecen

páginas sin información adecuada" o no se encuentra lo que se quiere, "me aparece cualquier cosa"; comentan estos estudiantes.

En la misma línea, se indaga sobre los criterios que los estudiantes participantes en el estudio utilizan para saber si la información localizada en internet, para cumplir con sus trabajos universitarios, es confiable y veraz. La mitad de los jóvenes estudiantes señala buscar en aplicaciones o sitios académicos, además de consultar y comparar referencias y fuentes de información: indagar en "aplicaciones académicas y consultar referencias" o "comparar con otras fuentes y verificar de donde proviene" la información. Otro criterio respaldado, aunque con menor porcentaje, es "...poner atención en una redacción clara y precisa", que proyecte "coherencia en el texto", lo que se logra "después de leer". Por último, los estudiantes señalan como necesario tomar en cuenta, además, la fecha o actualidad de la información, el "autor" de la misma, y "las referencias" del texto.

Con estos resultados, se puede ver que los jóvenes aplican competencias en alfabetización informacional, al definir la información que necesitan, investigar, hacer un ejercicio de comparación y análisis, así como seleccionar lo que necesitan de entre lo que se encuentra en internet (Catts & Lau, 2008); de alfabetización digital, al identificar las fuentes de información confiables en el ámbito académico, ya que, como enfatiza Gilster (1997), es necesario saber gestionar información y conocimientos provenientes de diversas fuentes, así como poner en práctica un pensamiento crítico alrededor de las TDIC.

Estos últimos aspectos ponen en relieve la importancia de la alfabetización de base, la de comprensión lectora, ya que sin ella no se podrían concretar las primeras.

Si bien Aparici (2010) puntualiza que "la sociedad de la información exige la puesta en marcha de otras concepciones sobre una 'alfabetización' que no se limite a la lectoescritura, sino que considere todas las formas y lenguajes de la comunicación" (p. 20), es evidente que no podemos descuidar la primera concepción en su sentido estricto, sino fortalecerla y enriquecerla. Así, los estudiantes, además de tener herramientas tecnológicas a su alcance, leen analítica y críticamente la información en distintos soportes y potencian conocimientos, habilidades y actitudes, a través de una enseñanza-aprendizaje con sus docentes, sus pares y de manera autónoma, dada la práctica continua.

Con respecto del último punto, la mayoría de los jóvenes informantes han desarrollado competencias gracias al constante uso de las tecnologías e internet; ellos mismos reconocen que la experiencia cotidiana les ayuda a encontrar las soluciones a sus necesidades de información; lo que permite identificar una apropiación de las herramientas mencionadas y el espacio digital.

Sin embargo, se tiene ese 15% de jóvenes para quienes resulta difícil hacer búsquedas de información en internet con certeza y confianza; la gran cantidad de información que resulta de sus pesquisas se muestra como un laberinto frente al que parece complicado hacer un análisis de la información y sus fuentes. Lo anterior permite ver que todavía hay una tarea de alfabetización o autoformación informacional y digital.

En el mismo tenor, se pregunta a los participantes si, dentro del salón de clase, han experimentado algún inconveniente que tenga que ver con el desconocimiento o falta de habilidades para usar alguna plataforma o programa. La mayoría de ellos (80%) responde afirmativamente a esta cuestión y el resto (20%) de forma negativa. Las principales dificultades expresadas por los estudiantes que han enfrentado inconvenientes tienen que ver con el manejo de las plataformas de gestión de aprendizaje en línea (25%), como Moodle y Classroom; con el manejo de determinados programas de ofimática, como Exel (25%); con el uso de algunas aplicaciones el línea, como Prezi y Kahoot (25%); con el uso de programas de edición (12%); con los trámites escolares en línea (12%); o con cuestiones de infraestructura que escapan a las competencias de los estudiantes, como "el internet lento" (12%). Frente a estos inconvenientes, vale la pena citar la siguiente respuesta: "Sí, con el programa Kahoot, no sabíamos cómo era su uso y tardamos en unirnos al grupo; lo que nos hizo perder tiempo en el examen".

Como se observa, si bien la mayoría de los estudiantes muestra conocimientos, habilidades y actitudes, correspondientes a la alfabetización informacional y digital, otra parte importante de los participantes del estudio deja ven la necesidad de insistir en la alfabetización digital. Ello concuerda con Emilia Ferreiro (2011), quien señala que la alfabetización en la educación es una batalla constante por integrar tecnologías, solo así se puede hacer un puente de un mero uso instrumental o uno crítico y productivo.

Conclusiones

Con base en los resultados y su discusión, podemos afirmar que los objetivos se cumplieron. Por un lado, se identifica que los estudiantes de educación superior participantes en el estudio han desarrollado, tanto en el ámbito escolar como a partir de una autoformación, competencias en alfabetización digital, informacional y lectoescritura crítica; ello sin dejar de tomar en cuenta que el contexto sociodemográfico sigue marcando brechas de acceso y cognitiva, principalmente entre el contexto urbano y el rural, donde el segundo se mantiene en desventaja.

Por otro lado, en cuanto a las carestías de formación al respecto, desde la percepción de los participantes, se identifica que es necesario continuar una formación y autoformación en las alfabetizaciones informacional y digital, ya que si bien solamente una minoría (15%) manifiesta experimentar deficiencias en la primera, una mayoría (80%) expresa haber experimentado dificultades en su quehacer universitario debido a una falta de formación en alfabetización digital.

Aunado a lo anterior, los resultados obtenidos poco dejan ver sobre el rol de los participantes como creadores de contenido, por lo que se muestra necesario atender tal aspecto en el marco de una alfabetización digital integral.

Referencias

Aparici, R. y Osuna, S. (2010). Educomunicación y cultura digital. En Aparici, R. (Ed.). *Educomunicación: más allá del 2.0*. Barcelona: Gedisa.

Bourdieu, Pierre & Passeron, Jean-Claude. (1964). *Les Héritiers. Les étudiants et la culture*. Paris: Les éditions de minuit. Catts, Ralph & Jesús Lau. (2008). Towards Information Literacy Indicators. UNESCO. http://hdl.handle.net/1893/2119

Buckingham, D. (2008). *Más Allá De La Tecnología: Aprendizaje Infantil en la Era De La Cultura Digital*. Buenos Aires: Ediciones Manantial.

Cabero, J.; Juan, A.; Leiva Olivencia, J.; Moreno Martínez, N. M.; Barroso, J.; Eloy, O., y Meneses, L. (2020). *Desarrollar la Competencia Digital*.

Ferreiro, E. (2011). Alfabetización digital: ¿De qué estamos hablando?. *Educação e Pesquisa*, 37(2), 423–438. https://doi.org/10.1590/S1517-97022011000200014

Gilster, Paul. (1997). *Digital literacy*. New York: Wiley.

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, & Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2023). *Endutih 2022*. Comunicación Social, 2.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, & Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2024). *Endutih 2023*. Comunicación Social, 2.

Livingstone, S. (2011). Concepciones convergentes sobre alfabetización: Perspectiva democrática y crítica. *Infoamérica: Iberoamerican Communication Review*, 5, 25–37. http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4278810&info=resumen&idioma=ENG

Anexo 1

	RUR PUB UAQ LDC				PUB URB UAQ LCP				PRIV URB UA LCOM			
¿Cuánto tiempo dedicas a las siguientes actividades durante tu conexión a internet?	1hr o menos	de 2 a 3 hrs	de 3 a 5 hrs	5 hrs. o más.	1hr o menos	de 2 a 3 hrs	de 3 a 5 hrs	5 hrs. o más.	1hr o menos	de 2 a 3 hrs	de 3 a 5 hrs	5 hrs. o más.
Revisar correo electrónico	90%	10%	0%	0%	86%	7%	7%	0%	100%	0%	0%	0%
Escuchar música y videos musicales	10%	40%	20%	30%	7%	43%	36%	14%	55%	27%	18%	0%
Redes sociales	10%	30%	40%	20%	7%	50%	21%	21%	0%	27%	64%	9%
Búsqueda de información para tareas	0%	70%	20%	10%	7%	71%	21%	0%	9%	36%	55%	0%
Comunicarme con familiares y amigos	20%	20%	40%	20%	21%	43%	21%	14%	36%	45%	18%	0%
Otras actividades de ocio (videojuegos, lectura, etc.)	50%	30%	10%	10%	71%	7%	21%	0%	55%	36%	9%	0%
Realizar trámites administrativos	20%	70%	10%	0%	71%	21%	7%	0%	91%	9%	0%	0%
Compras en línea	80%	20%	0%	0%	93%	7%	0%	0%	73%	27%	0%	0%
Uso de servicios bancarios	60%	40%	0%	0%	79%	14%	7%	0%	100%	0%	0%	0%

Impacto de la inclusión financiera en el empleo en Latinoamérica

Gema Jazmín Rubio Ugalde. FCA-UAQ.
gema.rubio.ugalde@gmail.com Tel: 442 200 6302
Asesora: Dra. Graciela Lara Gómez.
glaragomez@yahoo.com.mx

Resumen

Mediante una muestra de 17 países de América Latina y un periodo de 2005-2021, se analiza la relación entre el desempleo, el crecimiento económico y la inclusión financiera. Se implementó un modelo econométrico de datos panel con efectos fijos y un Modelo Robusto de Errores Estándar Corregidos para Panel (EECP), con datos del Banco Mundial. Los resultados arrojan evidencia a favor del incremento de la producción como mecanismo para disminuir el desempleo, además de mostrar una menor tasa de desempleo cuanto mejor es la calificación del índice de facilidad para hacer negocio. Mientras que la inclusión financiera en la región no ha impactado en la medida que se hubiera esperado. Se atribuye una fuerte importancia a las políticas públicas orientadas a la educación financiera para fomentar la inclusión de manera sostenible.

Palabras clave: Desempleo, Crecimiento económico, Inclusión financiera, América Latina, Datos panel

Códigos JEL: E24, F43, G20, O54, C23

Impact of financial inclusion on employment in Latin America

Abstract

Through a sample of 17 Latin American countries and a period from 2005 to 2021, it is analyzed the relationship between unemployment, economic growth, and financial inclusion. It was implemented an econometric model of panel data with fixed effects and a Robust Model of Panel Corrected Standard Errors (PCSE), with data from the World Bank. The results show evidence in favor of increasing production as a mechanism to reduce unemployment, in addition to showing that the lower unemployment rate the better the Ease of doing business index. On the other hand, in the region, financial inclusion has not been impacted to the extent that would have been expected. It is attached a strong importance to public policies focus on financial education as an element to promote sustainable financial inclusion.

Keywords: Unemployment, Economic growth, Financial inclusion, Latin America, Panel data

JEL codes: E24, F43, G20, O54, C23

Introducción

Gómez, *et. al.* (2022), expresa que a partir de los 90 la inclusión financiera comienza a recibir atención, para referirse a las personas de bajos recursos económicos que habían sido excluidas del sistema financiero formal. En los 2000 empieza a estudiarse la relación entre inclusión y desarrollo económico (Morduch y Karlan, 2010) y estudios que implementan la generación de índices multidimensionales (Roa, 2014; Dabla-Norris, *et. al.,* 2015; Sethi y Acharya, 2018). Existe literatura que aborda la inclusión financiera y el contraste de los países desarrollados y en vías de desarrollo (Sethi y Acharya, 2018), la inclusión y el impacto sobre la pobreza (Chliova, *et. al.,* 2003), la desigualdad de ingreso y el empoderamiento de las mujeres (Duflo, 2012; Pastor, 2022) y el vínculo de la inclusión con el desarrollo de empresas (Tria, *et. al.,* 2022; Kapila y Kalia, 2022). Mehrotra y Yetman (2015), Kandie e Islam (2021), Gómez, *et. al.* (2021), han demostrado efectos negativos de la inclusión y el crecimiento económico.

El acceso al financiamiento depende del éxito de la inclusión financiera de los países y de las capacidades respecto al conocimiento de las distintas alternativas del mercado, por parte de los empresarios (Armendáriz y Morduch, 2010), la libertad para realizar transacciones económicas es parte fundamental del crecimiento económico. En países en desarrollo, la inversión, el ahorro y los niveles de ingreso son bajos, por lo tanto, el crecimiento económico también será reducido (Ortiz, *et. al.,* 2009).

Las primeras etapas de la inclusión financiera se miden mediante el acceso y uso, las investigaciones en este rubro son extensas (Orazi, *et. al.,* 2019), sobre todo aquellas que evalúan la relación de la inclusión y el crecimiento económico (Dabla-Norris, *et. al.,* 2015), en otras etapas de la inclusión se presentan las barreras y el desarrollo (Pastor, 2021). La sostenibilidad financiera plantea el combate a la pobreza, incrementando el empleo, fomentando el ahorro y la educación financiera (Robinson, 2004), mediante el impulso a la inversión y la adquisición de bienes para la apertura o desarrollo de las empresas, con lo cual, se generan puestos de trabajo (OIT, 2003).

Esta investigación se ubica en el enfoque de la sostenibilidad financiera, el objetivo es analizar la relación entre la tasa de desempleo, la inclusión financiera y el crecimiento económico. La hipótesis plantea que el desempleo disminuye en la medida que la inclusión financiera y el crecimiento económico se incrementan. Se hace uso de la técnica de datos panel con efectos fijos, los datos fueron extraídos del Banco Mundial y del Proyecto *Doing Business* del mismo banco, para 17 economías de la región. Para su desarrollo, la investigación se ha organizado de la siguiente manera, en la primera parte se muestra la revisión de la literatura, se aborda el concepto de desempleo, crecimiento económico, inclusión y la sostenibilidad financiera. En la segunda sección se desarrolla la metodología, en la tercera la discusión de resultados, finalizando con las conclusiones.

I. Revisión de la literatura

El crecimiento se mide con el Producto Interno Bruto (PIB), éste cuantifica la actividad productiva, integrando los bienes y servicios finales que se producen en un año (Banxico, 2023). El desempleo sucede cuando la demanda de trabajo (representada por el número de personas que buscan empleo) excede a la oferta (expresada por la cantidad de puestos disponibles) (OIT, 2003). Por medio del acceso al financiamiento formal, el desarrollo de las empresas y la inversión en puestos de trabajo se puede atender a los grupos más vulnerables. La actividad financiera está relacionada con la dinámica empresarial, permitiendo producir, ahorrar y acumular activos (OIT, 2003). Dabla-Norris, *et. al.* (2015), plantean que la disminución de las restricciones financieras incrementa el PIB, permite que mayor número de empresas tengan acceso al sistema financiero formal generando mayor inversión de capital, más actividad empresarial, nuevos emprendimientos y empleos.

La inclusión financiera puede tener efectos sobre la producción, la inversión, el acceso a la tecnología y la reducción de la desigualdad, beneficiando a todos los sectores de la población y a las empresas (Banerjee, 2013). La inclusión financiera es el acceso y uso de productos y servicios financieros asequibles, que se brindan de manera responsable y sostenible. En estos servicios se incluyen las transacciones, los pagos, el ahorro, el crédito y los seguros (BM, 2022). Se trata de que la población mejore la administración de sus propios recursos para reducir los niveles de pobreza y mejorar las condiciones de vida de la población (CONEVAL, 2019).

Para Mialou, *et. al.* (2017), la inclusión financiera tiene un importante rol en el empleo, el crecimiento económico sostenible y la estabilidad financiera. Los beneficios de la inclusión financiera radican en fomentar el crecimiento económico al permitir transacciones seguras. Además, disminuye la desigualdad de ingreso, estimula la inversión en bienes duraderos, administra el riesgo financiero, de manera que se pueda estar preparado ante posibles eventualidades como pandemias, guerras, despidos, etc. y disminuye la pobreza, al invertir en educación y el fomento a las empresas (Demirgüç-Kunt, *et. al.,* 2017). Sin embargo, si no existe una regulación adecuada, se pueden generar efectos adversos sobre el desarrollo económico. Conde (2005) expresa que un mal diseño o implementación de un programa financiero puede generar graves daños a las personas como el sobreendeudamiento.

El Banco Mundial (2022), menciona que para lograr la inclusión financiera se requiere implementar políticas adecuadas, incluir las transferencias condicionadas a personas en situación de vulnerabilidad, promover el incremento de los servicios financieros móviles,

generar nuevos modelos de negocios, incluir entes financieros reguladores y aumentar la educación financiera, así como la protección al consumidor para lograr servicios responsables y sostenibles. Robinson (2004) plantea que los sistemas financieros sostenibles buscan brindar servicios a personas de bajos ingresos, el financiamiento se otorga a los económicamente activos, buscando reducir la pobreza y crear empleos, sobre todo en poblaciones desatendidas.

El proceso de las finanzas sostenibles es integral, se involucra a varios sujetos, los oferentes pueden ser los bancos, las Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y las instituciones financieras especializadas. Por medio de la cooperación internacional, el Estado es el ente promotor y regulador, encargado de identificar las necesidades y generar las políticas públicas y de desarrollo empresarial pertinentes para que los empresarios y la población objetivo pueda acceder a los programas y servicios, con instrumentos adecuados (CEPAL, 2022). El Banco Mundial (2022) expresa que los principios básicos del financiamiento sostenible buscan lograr los siguientes objetivos; brindar oportunidad de financiamiento en los países con mayor vulnerabilidad, garantizar que las políticas generen incentivos, coordinar los esfuerzos para apoyar a los países en la transparencia y la gestión de la deuda, así como el intercambio de información para la aplicación de las políticas que incluyan garantías y respaldar los esfuerzos internacionales en materia de transparencia.

Dimensiones de la inclusión financiera

Las dimensiones de la inclusión financiera son; 1) el acceso mediante la infraestructura. 2) El uso, que comprende a productos como transacciones, crédito, ahorro y seguros. 3) Las barreras; los costos de participación, las restricciones de endeudamiento y el precio de la intermediación. 4) El desarrollo y la estabilidad, una correcta colocación de los recursos financieros (Pastor, 2022; Dabla-Norris, *et. al.,* 2015; Gómez, *et. al.,* 2021). Los países con mayor inclusión financiera también poseen un mayor PIB *per cápita,* el impacto de la banca móvil es muy importante, ya que puede superar barreras como la distancia y tener acceso a una cuenta permite a las mujeres tener independencia económica y reducir la desigualdad. Gómez, *et. al.* (2021) expresan que la investigación de las dimensiones del desarrollo financiero sobre el crecimiento económico es reciente, específicamente el abordaje de la inclusión y la estabilidad financiera. La primera, referida a la inclusión, se divide en dos vías; 1) lograr el acceso asequible a los servicios financieros, reduce la vulnerabilidad y mejora la calidad de vida de las personas y, 2) el acceso a los productos financieros permite generar proyectos de inversión a largo plazo y tener cobertura contra los riesgos de liquidez.

La estabilidad es una característica del sistema financiero que permite una correcta colocación de los recursos financieros e influye en el crecimiento económico a través de tres canales; 1) la incertidumbre disminuye cuando hay estabilidad en los activos, fomentando una mayor inversión. 2) Cuando la volatilidad de los precios de los activos es baja las empresas están más dispuestas a invertir. 3) La estabilidad permite que las condiciones de los préstamos mejoren y sea más fácil el acceso al crédito. Para la medición cuantitativa de la inclusión financiera retoman tres dimensiones que se han implementado en la literatura; el alcance del crédito, el número de depósitos y la cantidad de sucursales (Gómez, *et. al.,* 2021).

Roa (2014) aborda a la inclusión de forma multidimensional y en sus diversas etapas. Concluye que los riesgos sobre la estabilidad financiera se muestran en los primeros periodos de la inclusión, en la ausencia de acceso a los mercados financieros formales. Mientras que en momentos más avanzados los riesgos son menores. La autora atribuye una fuerte importancia a la intervención gubernamental mediante la regulación para lograr la inclusión.

González, *et. al.* (2023) han relacionado el índice de inclusión financiera y el índice de complejidad económica en México. Encontraron una correlación directa y significativa entre ellos, es decir, las zonas del país que tienen una elevada complejidad económica también presentan mayor grado de

inclusión financiera. Los investigadores retomaron dos de las cuatro dimensiones de la inclusión.

Inclusión financiera y empresas

Morduch y Karlan (2010) plantean que la importancia del diseño de contratos, las innovaciones de productos, la política regulatoria y los impactos económicos y sociales en el desarrollo económico. Banerjee (2013) plantea que siempre y cuando se tenga acceso al crédito formal y éste presente un costo razonable, se puede promover la generación de empresas o su expansión y el aumento de los activos comerciales. Banerjee, *et. al.* (2015) ha relacionado la inclusión financiera con el incremento de la oferta de fuerza de trabajo para financiar la inversión y la adquisición de bienes duraderos en la empresa.

Para Chagerben, *et. al.* (2017) el financiamiento a las empresas provee de flujo de efectivo para la adquisición de capital y trabajo, lo que se traduce en ingresos para la misma. Ayuda a mitigar problemáticas económicas provocadas por choques negativos como enfermedades, pandemias, guerras, desempleo o fluctuaciones económicas temporales. Sethi y Acharya (2018) enfatizan en la importancia de las reformas al sector financiero para promover la inclusión y generar crecimiento económico en el largo plazo. Orazi, *et. al.* (2019) han analizado la inclusión financiera en América Latina y Europa. Encontraron dos grandes conglomerados; de alta y baja inclusión y, otros países, con niveles intermedios de acceso y uso de servicios financieros, aquellos países que han integrado políticas públicas han presentado un mejor desempeño.

Dabla-Norris, *et. al.* (2015) concluyen que se requieren acciones de políticas para eliminar las prácticas predatorias y alentar el entorno regulatorio, además de abordar el problema desde enfoques multidimensionales. Tria, *et. al.* (2022) mencionan que el acceso al financiamiento incrementa la capacidad de los prestatarios para invertir, permite aumentar las capacidades comerciales y generar empleo. Kapila y Kalia (2022) han evaluado el impacto positivo del crédito en los ingresos y el nivel de empleo, el aumento de la inversión, las ganancias y el desarrollo de empresas. Duflo (2012) menciona que se le ha asignado al microcrédito y a la microempresa el papel de mejorar las condiciones de vida de aquellos que se encuentran en situación de pobreza, el empresario en condiciones precarias no busca expandir su empresa, se enfrenta a limitaciones en torno al crédito. El hecho de que las personas sean propietarias de negocios en es una estrategia de supervivencia.

Banerjee (2013) expresa que no siempre el crédito conduce a un incremento de los ingresos debido a las altas tasas de interés, los montos reducidos, los plazos, etc. Abrir una empresa en países en desarrollo es por la falta de un trabajo adecuado que permita satisfacer las necesidades básicas. Las empresas que persisten en estas naciones son de tamaño micro, con pocos empleados y con pocas posibilidades de obtener ganancias. Mehrotra y Yetman (2015), encuentran que no necesariamente existe una relación positiva entre inclusión financiera y crecimiento económico, debido a que puede haber un rápido incremento de intermediarios financieros no regulados, afectando así la estabilidad financiera. Kandie e Islam (2021) plantean que el efecto de la inclusión financiera es nulo o negativo, las empresas no han sido rentables debido a las altas tasas de interés que pagan los prestatarios en plazos cortos de tiempo y la cantidad reducida del préstamo, lo que ha desencadenado en una limitación de los ingresos disponibles para consumos futuros.

II. Metodología

Se elabora un modelo econométrico de datos panel, con el objetivo de analizar la relación entre el desempleo, la inclusión financiera y el crecimiento económico. Se parte de la hipótesis que el desempleo disminuye en la medida que la inclusión financiera y el crecimiento económico se incrementan. La muestra se integra por 17 países de América Latina, con datos obtenidos del Banco Mundial y del Proyecto *Doing Business* del mismo banco y procesados con el programa estadístico *Stata 16.*

Se integra a Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador,

Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay. Se contempla un periodo de tiempo de 2005 a 2021. Se integra la estadística descriptiva, se realizan las pruebas de Breusch-Pagan o Multiplicador de Lagrange (LM por sus siglas en inglés), Hausman, Wooldridge y Wald y se implementa un Modelo Robusto de Errores Estándar Corregidos para Panel (EECP). La Tabla 1 compila a la variable dependiente e independientes. Las cifras se expresan de manera anualizada de 2005 a 2021 y fueron extraídas del Banco Mundial.

Tabla 1. Variables

Nombre y tipo de variable		Descripción	Unidad
Desempleo	Tasa de desempleo (Y)	Porcentaje de la PEA[1] que no tiene trabajo y está disponible para realizarlo.	Desempleo total (% de la PEA total)
Crecimiento económico	Producto Interno Bruto (PIB) (X_1)	Tasa de crecimiento del (PIB).	(% anual)
Dimensión financiera			
Acceso	Cajeros automáticos por cada 100.000 adultos (X_2)	Dispositivos que proporcionan acceso a transacciones financieras.	Número de Cajeros automáticos por cada 100.000 adultos
Uso	Crédito interno del sector financiero (% del PIB) (X_3)	Porcentaje de crédito interno proporcionado por el sector financiero.	(% del PIB)
Uso	Empresas prestatarias de bancos comerciales (X_4)	Número de empresas prestatarias de bancos comerciales	Por cada 1,000 adultos
Barrera	Tasa de interés real (X_5)	Porcentaje que se paga por un préstamo.	(%)
Desarrollo	Densidad y número de nuevas empresas (X_6)	Cantidad de nuevas empresas de responsabilidad limitada registradas en el año.	Por cada 1,000 adultos
Desarrollo	Índice de facilidad para hacer negocio	Clasificación de los países. Base: año 2019	Del 1 al 190

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023).

Las dimensiones expuestas en la Tabla 1 se definieron con base en Pastor (2022), Dabla-Norris, *et. al.* (2015) y Gómez, *et. al.* (2021). Tanto el número de empresas prestatarias de bancos comerciales como el índice de facilidad para hacer negocio se extrajeron del Proyecto *Doing Business,* el cual comenzó operaciones en el año 2000, está compuesto de indicadores cuantitativos, incluye a 190 economías. Aborda doce áreas de la vida de una empresa; la apertura, los permisos de construcción, la obtención de electricidad, el registro de propiedad, la adquisición de un crédito formal, la protección de los inversionistas minoritarios, el pago de impuestos, el comercio transfronterizo, el cumplimiento de los contratos y la resolución de insolvencia, la regulación del mercado laboral y las contrataciones con el gobierno (BM, 2020).

El Banco Mundial (2020), expresa que aquellos países que obtienen los mejores puntajes, cuentan con mayores niveles de actividad empresarial y menos corrupción. Mediante una regresión lineal se busca verificar si existe relación entre el índice y el desempleo, se esperaría que, a mejores condiciones para el desarrollo de las empresas, se presente una menor tasa de desempleo en los países.

Especificación del modelo

La Ecuación 1 muestra la función de regresión con datos panel para el presente estudio.

$$\hat{Y}_{it} = \hat{\alpha}_{it} + \hat{\beta}_1 X_{1it} + \hat{\beta}_2 X_{2it} + \hat{\beta}_3 X_{3it} + \hat{\beta}_4 X_{4it} + \hat{\beta}_5 X_{5it} + \hat{\beta}_6 X_{6it} + \hat{u}_{it} \quad (1)$$

Donde;

$\hat{Y}_{it}$: Variable dependiente estimada que representa la tasa de desempleo en América Latina.

[1] Población Económicamente Activa.

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6: Variables explicativas, expresan el crecimiento económico y la inclusión financiera.

$\hat{\alpha}_{it}$: Término estimado de la tasa media de desempleo en América Latina.

$\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$, $\hat{\beta}_3$, $\hat{\beta}_4, \hat{\beta}_5$, $\hat{\beta}_6$: Coeficientes estimados de regresión parcial. $\hat{\beta}_1$ muestra el efecto directo que una unidad de cambio de X_1 tiene sobre el valor medio de $\hat{Y}$ y así sucesivamente.

$\hat{u}_{it}$: Término estimado de las perturbaciones estocásticas.

i: Es la i-ésima observación de la transversalidad de los países (17 naciones).

t: Es la t-ésima observación de la serie de tiempo (17 años).

III. Discusión de resultados

La Figura 1 refleja la relación entre la tasa de desempleo y el índice de facilidad para hacer negocio que presenta el Banco Mundial con el proyecto *Doing Business*. El índice clasifica a las economías del 1 al 190, el 1 es para la mejor y significa que el ambiente regulador es propicio. Esta variable promedia a los países en diez temas que cubre el proyecto y excluye dos; la regulación del mercado laboral y las contrataciones con el gobierno (BM, 2020).

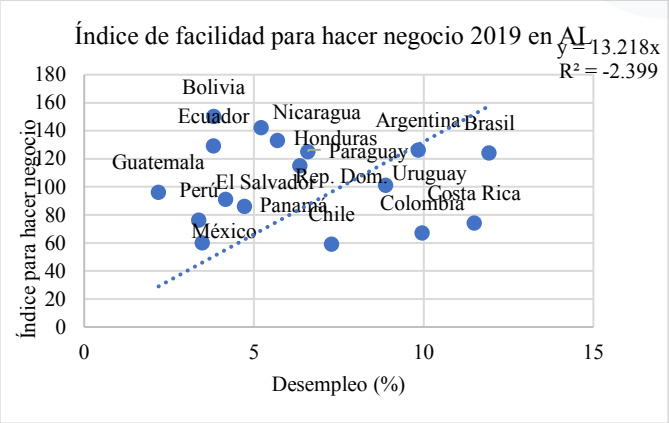


Figura 1. Relación entre el desempleo y el índice de facilidad para hacer negocio. Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial (2023).

Los datos pertenecen al conjunto de 17 países estudiados, con información del 2019. La regresión lineal muestra la relación entre la tasa de desempleo y el índice para América Latina, la gráfica expresa la relación entre una menor tasa de desempleo cuanto mejor es la calificación que se le asigna al país, con un coeficiente de determinación R^2 de 0.75. Los países que muestran una baja tasa de desempleo y una calificación menor a 100 son; México, Perú, Panamá, El Salvador y Guatemala. Por ejemplo, en México el índice es de 60 y la tasa de desempleo fue de 3.4%, en Perú la calificación fue de 76 y el desempleo de 3.3%. En otras naciones la relación no es como se esperaba, ya que tienen una calificación mayor a 100 pero una tasa baja de desempleo, como en Colombia, Costa Rica y Chile, este último es el mejor calificado con 59, sin embargo, su desempleo es de 7.2%. Por otro lado, la calificación más desfavorable fue para Bolivia con un índice de 150 y una tasa de desempleo de 3.8%, otros países con un índice mayor a 100 y un alto desempleo son; Uruguay, República Dominicana, Brasil y Argentina.

En América Latina, la tasa de informalidad laboral es de 50% e incluso en algunas naciones es mayor (OIT, 2022). Lo que sucede en Bolivia, Honduras, Nicaragua y Ecuador podría ser resultado del fenómeno de la informalidad, que refleja menores tasas de desempleo, pero las condiciones no están siendo favorables para la creación de empresas. El periodo contempla a partir del 2005, debido a que a la información está más completa para el conjunto de naciones. La Tabla 2, muestra la estadística descriptiva, con la variable correspondiente, la media y la desviación estándar.

Tabla 2. Estadística descriptiva

Variable		Media	Des. Est.	Mín.	Máx.
Tasa de desempleo	Y	6.18	2.91	2.02	17.95
Tasa de crecimiento del PIB	X_1	3.47	4.16	-17.94	15.34
Número de cajeros automáticos	X_2	44.46	35.41	0.00	276.29
Crédito interno proporcionado por el sector financiero	X_3	57.30	26.97	15.17	147.82
Número de empresas prestatarias de bancos comerciales	X_4	230.71	145.94	22.54	665.61

Tasa de interés real	X_5	8.39	9.14	-12.06	44.64
Densidad y número de nuevas empresas	X_6	2.55	3.11	0.05	12.23

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de *Stata 16.*

La tasa promedio de desempleo representa el porcentaje de la PEA que no tiene trabajo, está buscando empleo activamente y disponible para realizarlo. En la región latinoamericana de 2005 a 2021 fue de 6.18%, con una desviación estándar de 2.9%, dando un mínimo de 2.02% y un máximo de 17.95%. Resultados acordes con la OIT, en su informe de 2022, muestra que la tasa de desocupación en la región para este año tuvo un promedio de 7.2% (OIT, 2022).

La tasa de crecimiento del PIB tiene una media de 3.4%, el número de cajeros automáticos tiene un promedio de 44.4 por cada cien mil adultos. El promedio del crédito interno brindado por el sector financiero es de 57.2%, la media de las empresas prestatarias de bancos comerciales por cada mil adultos es de 230. Mientras que la tasa de interés real tiene un promedio de 8.2% en la región y, el número de registros nuevos de empresas por cada mil adultos es de 2.5. La prueba Breusch-Pagan (LM) expresó un p valor significativo de 0.000 al 95% de confianza, con lo que se confirma el uso de datos panel. La prueba de Hausman para definir los efectos fijos o aleatorios, tuvo un valor p de 0.0048 con lo que se procede a implementar los efectos fijos. Se genera la matriz de correlaciones de Pearson (r) entre cada par de las variables independientes, expresadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de correlaciones

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1.000					
X_2	-0.195 (0.001)*	1.000				
X_3	-0.080 (0.218)	0.180 (0.005)*	1.000			
X_4	-0.229 (0.001)*	0.472 (0.000)*	0.428 (0.000)*	1.000		
X_5	-0.051 (0.415)	0.222 (0.000)*	-0.132 (0.061)	-0.143 (0.041)*	1.000	
X_6	0.162 (0.012)*	0.170 (0.008)*	0.525 (0.000)*	0.377 (0.000)*	-0.101 (0.135)	1.000

Los paréntesis con asterisco (*) representan un resultado significativo al 5 %. *Fuente*: elaboración propia a partir de resultados de *Stata 16.*

El número de cajeros automáticos (X_2) presenta correlación positiva con el número de empresas prestatarias de bancos comerciales (X_4) (0.472). El crédito interno proporcionado por el sector financiero (X_3) tiene correlación positiva tanto con el número de empresas prestatarias de bancos comerciales (X_4) (0.428) como con la densidad y el número de nuevas empresas (X_6) (0.525). El número de empresas prestatarias de bancos comerciales (X_4) tiene correlación positiva con la densidad y número de nuevas empresas (X_6) (0.377). La prueba modificada de Wald con efectos fijos arrojó un resultado de 0.0000 confirmando la existencia de heterocedasticidad. La prueba de Wooldridge expresó un valor de 0.0075 lo que indica que existe autocorrelación de primer orden. Se implementa un EECP lo que permite minimizar la heterocedasticidad y la autocorrelación proporcionando mayor fiabilidad en los resultados (Beck y Katz, 1995; Rodríguez, *et. al.,* 2017).

Modelo EECP

Se muestra la Tabla 4, con el modelo EECP con heterocedasticidad y autocorrelación corregido, para medir la relación entre la tasa de desempleo, la inclusión financiera (número de cajeros automáticos, crédito interno brindado por el sector financiero, número de empresas prestatarias de bancos comerciales, tasa de interés real y densidad y número de nuevas empresas) y el crecimiento económico (tasa de crecimiento del PIB) en América Latina, de 2005 a 2021.

Tabla 4. Modelo Robusto de Errores Estándar Corregidos para Panel (EECP)

Variable	Coeficiente	Error estándar	$P > \|z\|$
X_1	-0.080	0.017	(0.000) *
X_2	-0.004	0.008	0.613
X_3	0.036	0.014	(0.011) *
X_4	0.008	0.004	(0.031) *
X_5	-0.034	0.021	0.114
X_6	-0.196	0.172	0.254
Constante	4.375	0.847	(0.000) *

Los paréntesis con asterisco (*) representan un resultado significativo al 5 %. *Fuente*: elaboración propia a partir de resultados de *Stata 16.*

La constante refleja la tasa media de desempleo en América Latina, con un valor de 4.3%. La variable con mayor significancia estadística del modelo EECP fue la tasa de crecimiento del PIB (X_1), resultado congruente con la literatura, que expresa la relación negativa entre la disminución de la tasa de desempleo en la medida que incrementa la producción reflejada en el PIB (Okun, 1962). Específicamente, en América Latina, para el periodo 2005-2021, por cada unidad porcentual en que la producción se incremente, el desempleo disminuiría 0.08 unidades porcentuales.

El porcentaje de crédito interno proporcionado por el sector financiero (X_3) también resultó estadísticamente significativo. Sin embargo, la relación encontrada expresa un efecto negativo, debido que, a mayor cantidad de crédito se observa un aumento del desempleo en la región latinoamericana. Cada unidad incremental de crédito recibido aumenta 0.036 unidades porcentuales el desempleo para la región, lo cual se podría explicar por la existencia del desempleo friccional, éste es un fenómeno transitorio, puede ser voluntario, el trabajador se encuentra esperando determinado puesto o en la búsqueda de un nuevo empleo, incluso la relación de estos resultados se podría deber a que se está buscando emprender una empresa.

El número de empresas prestatarias de bancos comerciales (X_4), cuyo resultado fue estadísticamente significativo, también mantiene un efecto incremental en el desempleo, de 0.08 unidades porcentuales por cada empresa prestataria adicional. Este fenómeno podría deberse a que las empresas están adquiriendo una deuda que quizá no pueden solventar, además podría ser que no sean rentables y deban despedir a los trabajadores, como lo plantean Kandie e Islam (2021). Aunado a que las micro y pequeñas empresas (con poca oferta de puestos de trabajo) representan el 99% del total de empresas en la región (CEPAL, 2022) y están más dirigidas al autoempleo.

El número de cajeros automáticos (X_2), la tasa de interés real (X_5) y la densidad y número de nuevas empresas (X_6) no resultaron significativos para este modelo, lo que implica que estas variables no guardan una relación estadística con la tasa de desempleo en las economías involucradas en este estudio. La tasa de interés real, a pesar de no ser significativa, presentó una relación negativa con la tasa de desempleo. Phillips (1958), propuso que, si la tasa de inflación desciende, la tasa de desempleo aumenta. Ahora bien, la inflación y la tasa de interés mantienen un estrecho vínculo, puesto que un aumento en la tasa de interés reduciría la inversión y el consumo y fomentaría el ahorro. Caso contrario, cuando disminuye la tasa se busca consumir e invertir más (Banxico, 2023).

Los resultados de esta investigación encontraron relación entre la disminución del desempleo en la medida en que aumenta la producción, para la región latinoamericana de 2005 a 2021. Asimismo, con base en la regresión lineal entre el desempleo y el índice de facilidad para hacer negocio, se encontró una menor tasa de desempleo cuanto mejor es la calificación que se le asigna al país, a pesar de la presencia de algunos valores atípicos, la relación exhibe un razonable coeficiente de determinación, el 75% de los datos se pueden explicar con este comportamiento. Sin embargo, no hay una relación positiva entre la disminución de la tasa de desempleo y la inclusión financiera, resultados congruentes con Gómez, *et. al.* (2021).

Conclusiones

Los resultados de esta investigación encontraron evidencia a favor de la reducción del desempleo en la medida en que se incrementa la tasa de crecimiento del PIB, por lo que las políticas públicas laborales para la generación de empleo productivo son muy importantes para la región. Asimismo, se encontró relación entre una menor tasa de desempleo y una mejor calificación del índice de facilidad para hacer negocio. Sin embargo, no se encontró vínculo entre la disminución de la tasa de desempleo y la inclusión financiera.

La tasa de desempleo es un importante indicador macroeconómico, pero no necesariamente expresa las condiciones del trabajo que se oferta. Si bien, el discurso promueve que la inclusión permite generar

puestos laborales, es importante destacar la calidad de éstos, ya que el empleo y autoempleo en condiciones precarias (sin seguridad social ni prestaciones), el subempleo y la informalidad laboral son problemas que aquejan fuertemente a América Latina. Estos fenómenos reducen las tasas de desempleo sin necesariamente mejorar las condiciones de los trabajadores, además habría que analizar de manera particular las condiciones de los países para la creación de empresas. Banerjee (2013) expresa que, para los países en desarrollo, donde abrir o mantener una empresa va más dirigido a no poder encontrar un trabajo digno.

En cuanto al índice de facilidad para hacer negocio del Banco Mundial engloba varios elementos, como la oportunidad de acceder a un crédito formal, el cumplimiento de los contratos, la calidad de los intermediarios financieros, el pago de impuestos, etc. Además, en futuras investigaciones se podría abordar este índice y el grado de corrupción presente en la región. La inclusión financiera sostenible y la generación de empleo productivo pueden proporcionar un camino para mejorar las condiciones de vida en los países en vías de desarrollo, donde la inversión en activos y el ahorro aún son bajos y el empleo precario. Sin embargo, el reto es mayor cuando el incremento del crédito no va relacionado con la educación financiera, lo que puede desencadenar efectos contraproducentes como un sobreendeudamiento, el cierre de empresas y despidos, lo que se traduce en decremento de las condiciones de vida.

En América Latina las oportunidades que brinda la inclusión podrían ser bastas, si se emplean de manera adecuada, por lo que la labor de todas las organizaciones en el proceso es muy importante, desde los organismos internacionales, gobiernos e investigadores. Es viable trabajar conjuntamente para generar estrategias enfocadas a la sostenibilidad financiera y reevaluar cómo se encuentran las dimensiones y las políticas de inclusión en los países, para generar estrategias encaminadas al desarrollo económico sostenible.

Mediante la política pública con orientación a la educación financiera se puede promover el manejo de las finanzas, de manera que se obtengan beneficios de los mercados financieros, en términos de ahorro, financiamiento a los económicamente activos, inversión en empresa, compra de bienes duraderos y creación de empleos de calidad. Así como mejorar las condiciones en las que se presenta el crédito, sobre todo en la generación de contratos seguros para los prestatarios, alentar un entorno regulatorio, retornos de inversión, montos que satisfagan las necesidades y tasas de interés razonables.

Referencias

Armendáriz, B. & Morduch, J. (2010). The Economics of Microfinance. 2ª Ed. BID.

Banxico. (2023). Crecimiento económico. http://educa.banxico.org.mx/economia/crecimiento-economia.html.

Banco Mundial. (2020). Proyecto Doing Business. https://archive.doingbusiness.org/es/doingbusiness.

Banco Mundial. (2022). Inclusión financiera, panorama general. https://www.bancomundial.org/es/topic/financialinclusion/overview

Banco Mundial. (2023). Datos de libre acceso. https://datos.bancomundial.org/

Banerjee, A. (2013). Microcredit Under the Microscope: What Have We Learned in the Past Two Decades, and What Do We Need to Know? Annual Review of Economics 5(1), 487-519. https://doi.org/10.1146/annurev-economics-082912-110220.

Banerjee, A., Duflo, E., Glennerster, R., & Kinnan, C. (2015). The miracle of microfinance? Evidence from a randomized evaluation. American Economic Journal: Applied Economics, 7(1), 22-53. https://doi.org/10.1257/app.20130533.

Barrera, P., Navarrete, J.A. & Segura, E. (2021). Análisis del emprendimiento en México a través de datos panel. 25 Congreso Internacional de Ciencias Administrativas. UNAM.

Beck, N. & Katz, J. (1995). What to do (and not to do) with Time-Series Cross-Section Data. The American Political Science Review 89(3), 634-647. DOI: 10.2307/2082979.

Chagerben, L., Yagual, A. & Hidalgo, J. (2017). La importancia del financiamiento en el sector microempresario. Dominio de las Ciencias, 3(2), 783-798. http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.783-798.

Chliova, M., Brinckmann, J. & Rosenbusch, N. (2003). Is microcredit a lessing for the poor? A meta-analysis examining development outcomes and contextual considerations. Journal of Business Venturing, 30(3)

467-487. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2014.10.003.

Conde, C. (2005). Instituciones e instrumentos de las microfinanzas en México. Definamos términos. Documentos de Discusión Sobre el Tercer Sector, 33(722), 1-29.

CEPAL. (2022). Acerca de microempresas y Pymes. https://www.cepal.org/es/temas/pymes/acerca-microempresas-pymes.

CONEVAL. (2019). ¿Qué funciona y qué no en inclusión financiera? https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/Paginas/guias/Que-funciona-que-no-en-inclusion-financiera.aspx.

Dabla-Norris, E., Deng, Y., Ivanova, A., Karpowicz, I., Unsal, F., VanLeemput, E. & Wong, J. (2015). Inclusión Financiera: un enfoque centrado en América Latina. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos CEMILA 61(4).

Demirgüç, A., Kappler, L., Singer, D., Ansar, S. & Hess, J. (2017). Measuring Financial Inclusion and the Fintech Revolution. World Bank Group. http://hdl.handle.net/10986/29510.

Duflo, E. (2012). Women Empowerment and Economic Development. Journal of Economic Literature 50(4), 1051-1079. http://dx.doi.org/10.1257/jel.50.4.1051.

Gómez, T., Ríos, H. & Zambrano, A. (2019). Interacción entre crecimiento económico, estabilidad e inclusión financiera: evidencia empírica internacional. Contaduría y Administración, 66(1), 1-22. http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2021.2498.

González, J., Pérez, C., & Mendoza, J. (2023). Inclusión financiera y complejidad económica en México. Revista Mexicana de Economía y Finanzas, Nueva Época, 18(2), 1-25, e760 DOI: https://doi.org/10.21919/remef.v18i2.760.

Kandie, D. & Islam, K. (2021). A new era of microfinance: The digital microcredit and its impact on poverty. International Development. 34(3), 469-492. https://doi.org/10.1002/jid.3607.

Kapila, M. & Kalia, P. (2022). Impact of microcredit on income and employment of self-help group members in Punjab: Does credit size matter? International Social Science Journal. 72(243), 193-208. https://doi.org/10.1111/issj.12311.

Mehrotra, A. & Yetman, J. (2015). Financial inclusion. Issues for central banks. BIS Quarterly Review. https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1503h.pdf.

Mialou, A., Amidzic, G. & Massara, A. (2017). Assessing Countries' Financial Inclusion Standing - A New Composite Index. Journal of Banking and Financial Economics 2(8), 105–126. DOI: 10.7172/2353-6845.jbfe.2017.2.5.

Montero, R. (2011). Efectos fijos o aleatorios: test de especificación. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada, España.

Morduch, J. & Karlan, D. (2010). Access to Finance. Handbooks in Economics, 5, 4703-4784. doi:10.1016/b978-0-444-52944-2.00009-4.

Okun, A. (1962). Potential GNP: Its measurement and significance. Business and Economic Statistics Section of the American Statistical Association, 98-104.

Orazi, S., Martinez L. B. & Vigier, H. P. (2019). La inclusión financiera en América Latina y Europa. Ensayos de Economía, 29(55), 181-204.https://doi.org/10.15446/ede.v29n55.79425

OIT. (2003). Superar la pobreza mediante el trabajo. https://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/P/09375/09375%282003-91%29123.pdf.

OIT. (2022). Un crecimiento débil y crisis global frenan la recuperación del empleo en América Latina y el Caribe. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_854764.pdf.

Ortiz, E., Cabello, A. & Jesús, R. (2009). Banca de desarrollo, microfinanzas, banca social y mercados incompletos. Análisis Económico, 24(56), 99–128. https://www.redalyc.org/pdf/413/41312223005.pdf.

Pastor, F. (2022). Índice de Inclusión Financiera: una Medición Multidimensional y Global. Red Nacional de Investigadores en Economía. Documento de trabajo RedNIE 195.

Phillips, W. (1958). The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in the United Kingdom 1861-1957. Economica 25(100), 283-375. https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1958.tb00003.x.

Roa, M. (2014). La inclusión y la estabilidad financieras. CEMILA. Documentos de Investigación 15.

Robinson, M. (2004). La revolución microfinanciera. Finanzas sostenibles para los pobres. BM.

Rodríguez, M., Freire, M. & País, C. (2017). El efecto del gasto público sanitario y educativo en la determinación del bienestar de los países de la OCDE: un modelo con datos de panel. Cuadernos de Economía 41, 104-118. http://dx.doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.001.

Tria, D., Harun, M. & Alam, M. (2022). Microcredit as a strategy for employment creation: A systematic review of literature. Cogent Economics & Finance 10(1), 1-17. DOI: 10.1080/23322039.2022.2060552.

Sethi, D. & Acharya, D. (2018). Financial inclusion and economic growth linkage: some cross-country evidence. Journal of Financial Economic Policy *10*(3), 369-385. https://doi.org/10.1108/JFEP-11-2016-0073.

Sistemas de apoyo educativo para estudiantes con discapacidad auditiva

Héctor Dorantes Delgado[1]
Anahí Isabel Arellano Vega[2]
María Leticia Villaseñor Zúñiga[3]

[1] Colegio de Bachilleres del Estado de Querétaro
hdcobaq@gmail.com
[2] Universidad Autónoma de Querétaro
anahi.isabel.arellano@uaq.mx
[3] Universidad Autónoma de San Luis Potosí
leticia.villasenor@uaslp.mx

Resumen

Se realizó un estudio de caso, con el objetivo de identificar los sistemas de apoyo educativo (SAE) que utilizan estudiantes con discapacidad auditiva (EcDA) de un bachillerato inclusivo público del Estado de Querétaro. El trabajo se fundamenta en el paradigma cualitativo y busca contar con la visión cercana de los EcDA acerca de los SAE que han utilizado a lo largo de su trayectoria escolar. Se contó con la participación de 16 EcDA, a quienes se les aplicaron entrevistas semiestructuradas a través de una serie de grupos focales. Los participantes compartieron sus experiencias de aprendizaje siendo sordos, las estrategias que utilizan para el aprendizaje y sus vivencias actuales en la institución educativa en la que estudian. Para el análisis de la información recabada, se tradujo el discurso de los estudiantes realizado en lengua de señas mexicana (LSM) al español, por parte de una intérprete de LSM. Dicha traducción fue analizada mediante codificación abierta usando Atlas.ti® versión 24. Los resultados revelan que los EcDA valoran significativamente el apoyo visual, el uso de la LSM y la actitud y disposición positiva de los profesores. Estos componentes son fundamentales para su proceso de aprendizaje y adaptación en un entorno educativo inclusivo. El estudio destaca la importancia de implementar estrategias y herramientas específicas que atiendan las necesidades particulares de estos estudiantes para fomentar un entorno educativo efectivo y forma parte de una investigación doctoral dirigida al diseño, desarrollo y aplicación de videos educativos para la enseñanza de matemáticas a EcDA de nivel medio superior.

Palabras clave: Discapacidad auditiva, sistemas de apoyo educativo, educación inclusiva, recursos didácticos, bachillerato.

Abstract

A case study was conducted to identify the educational support systems (ESS) used by hearing-impaired students (HIS) in an inclusive public high school in the State of Querétaro. This work is grounded in a qualitative approach and seeks to gather insights from HIS regarding the ESS they have utilized throughout their academic journey. The study involved 16 HIS, who participated in semi-structured interviews through a series of focus groups. The participants shared their learning experiences as deaf individuals, the strategies they use for learning, and their current experiences at the educational institution they attend. For the analysis of the collected information, the discourse of the students conducted in Mexican Sign Language (MSL) was translated into Spanish by a MSL interpreter. This translation was analyzed through open coding using Atlas.ti® version 24. The results reveal that HIS significantly value visual support, the use of MSL and the positive attitude and willingness of teachers. These components are fundamental to their learning process and adaptation in an inclusive educational environment. The study emphasizes the importance of implementing specific strategies and tools to address the particular needs of these students to foster an effective educational environment and is part of a doctoral research project aimed at

designing, developing, and applying educational videos for teaching mathematics to HIS at the high school level.

Keywords: Hearing impairment, educational support systems, inclusive education, educational resources, high school.

Introducción

Los sistemas de apoyo educativo (SAE) han transitado a lo largo del tiempo de una perspectiva individualista hacia un modelo en el que se busca que todos los estudiantes con alguna dificultad o barrera para el aprendizaje se integren de manera plena al entorno escolar. Al respecto, Cayón (2014), establece que los apoyos educativos son los recursos o ayudas que sirven para que los alumnos superen alguna problemática, las cuales se hacen desde la perspectiva del estudiante, el docente o la escuela. Por su parte, la Agencia Europea para el Desarrollo de la Educación en Necesidades Educativas Especiales (2013), señala que son todas las formas de apoyo que contribuyen a la participación de los estudiantes con discapacidad, incluyendo las formas de evaluación, diseños curriculares, técnicas pedagógicas, así como, gestión y recursos educativos, los cuales deben enfocarse en que los propios estudiantes con discapacidad colaboren en la toma de decisiones. A partir de lo anterior, podemos decir que los SAE son herramientas diseñadas para ayudar a los estudiantes en los procesos de aprendizaje.

En cuanto a las limitaciones de acceso que enfrentan las personas con discapacidad, diversos organismos internacionales han señalado la importancia de atenderlas, por ejemplo, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) informa que en América Latina y el Caribe residen más de 19.1 millones de menores de 17 años con alguna forma de discapacidad y:

“En comparación con sus semejantes sin discapacidad, los niños y niñas con discapacidad tienen un 34% más de probabilidades de presentar retraso del crecimiento; un 49% más de no haber asistido nunca a la escuela; un 41% más de sentir que sufren discriminación; un 51% de considerarse infelices; y un 20% menos de probabilidades de tener expectativas de una vida mejor” (UNICEF, 2022, pág. 3).

Por otro lado, la problemática específica de las personas con discapacidad auditiva se ha centrado en los últimos años en tratar de mejorar su inclusión al entorno normo-oyente, sin embargo, aún están en desventaja en comparación con el resto de la población, dado que solo el 14% de las personas sordas en México accede a algún tipo de educación (Moreno & Escobedo, 2021) .

Respecto a este punto, es conveniente aclarar que la discapacidad auditiva se trata de un mal funcionamiento del sistema sensorial que controla la audición, que presenta diferentes niveles y que puede generar problemas para establecer comunicación oral eficiente con los demás, pero que, además, afecta diversas áreas de desarrollo de las personas, por ejemplo, acceso a la educación, empleo bien remunerado, ingresos económicos adecuados, aislamiento social, soledad, estigmatización, problemas cognitivos, entre muchos otros (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Uno de los debates que aún persiste y que tiene relación con este proyecto, se centra en la integración educativa y la educación inclusiva. Aunque ambos conceptos guardan relación, presentan diferencias significativas en cuanto a su planificación y propósitos. En el caso de la integración educativa, se trata de incluir a los estudiantes con necesidades educativas especiales dentro del sistema educativo general, pero manteniendo una separación de los estudiantes regulares, ya sea a través de áreas específicas o mediante apoyos personalizados (Ainscow, 2005).

Por otra parte, la educación inclusiva aspira a modificar todo el sistema educativo en su conjunto, para garantizar que todos los estudiantes, sin importar sus características o discapacidades, puedan participar plenamente en las aulas regulares sin ser segregados, eliminando las barreras tanto estructurales como culturales. De esta manera, mientras la integración incorpora a los estudiantes con discapacidad dentro de un sistema ya establecido, la inclusión busca cambiar ese sistema

para que se adapte a la diversidad de todos los estudiantes (Booth & Ainscow, 2011).

Adicionalmente, persiste una problemática en la atención educativa de EcDA, que consiste en la necesidad de contar con SAE adecuados para el logro de sus aprendizajes. Sin embargo, es escasa la literatura académica donde se describan las características deseables en SAE que permitan guiar la toma de decisiones sobre la enseñanza. Algunas de las interrogantes que surge al respecto son: ¿cuáles son las experiencias de aprendizaje y qué sistemas de apoyo educativo tuvieron en su tránsito por la educación básica? ¿qué estrategias de estudio utilizan y qué papel juegan las tecnologías en su vida cotidiana? ¿qué tipos de apoyo educativo reciben y cuáles son sus experiencias en su escuela actual?

Con la intención de atender estos cuestionamientos, se desarrolló un estudio en una escuela pública de nivel medio superior del Estado de Querétaro, México, la cual cuenta desde el año 2010 con una modalidad denominada "Bachillerato Incluyente" y en la que actualmente asisten 86 estudiantes con diversas discapacidades, entre ellas: visual, auditiva, motriz y cognitiva, pero cuya atención educativa se acerca más al modelo integrativo que al enfoque de educación inclusiva al que alude su denominación. El objetivo general de este trabajo fue identificar los sistemas de apoyo educativo que usan un grupo de estudiantes con discapacidad auditiva que asisten a un bachillerato inclusivo público en el Estado de Querétaro. Como objetivos específicos se planteó: conocer los apoyos educativos y sus experiencias de aprendizaje a lo largo de su trayectoria escolar, comprender las estrategias de aprendizaje y los recursos tecnológicos que utilizan, y reconocer los apoyos con los que cuentan en la institución en la que actualmente estudian y sus vivencias en torno a esos apoyos.

Es importante precisar que este trabajo forma parte de un proyecto de investigación-acción doctoral cuyo objetivo es diseñar, desarrollar y aplicar videos educativos para favorecer el aprendizaje de matemáticas en alumnos con discapacidad auditiva que estudian en un bachillerato inclusivo de una escuela pública del Estado de Querétaro.

Método

Se desarrolló un Estudio de Caso, definido como una búsqueda exhaustiva del cómo y el porqué de los fenómenos humanos, que ayuda a comprender de manera global y realista las vivencias de los actores, asimismo, ayuda a evaluar la aplicabilidad en otros contextos (Canta & Quesada, 2021). El fundamento epistemológico del trabajo es el paradigma cualitativo, el cual se ha posicionado en los últimos años como una forma de comprender los procesos sociales, que generalmente no son objetivos ni cuantificables a través de la metodología cuantitativa tradicional. Permite además una inmersión en las vivencias, pensamientos y emociones de los individuos, buscando comprender los significados y los contextos que influyen en el comportamiento humano. Esta perspectiva es especialmente valiosa en el ámbito escolar, ya que enriquece los procesos de aprendizaje (Molano y otros, 2021).

El estudiantado que participó en este estudio fue de un total de16 personas, con edades que oscilaban entre los 15 y los 20 años de edad, quienes fueron invitados a participar por la facilidad de acceder a ellos por concurrir en tiempo y espacio con el docente investigador. Se contó con la firma previa de un consentimiento bajo información, de ellos mismos cuando ya contaban con la mayoría de edad o de sus padres o tutores, cuando el caso así lo requería.

Se aplicaron 3 entrevistas semiestructuradas a través de grupos focales (Ver Tabla 1)

Tabla 1

Guía para la entrevista con EcDA

• Describe cómo fue el proceso de aprendizaje cuando eras niño.
• Qué consideras que faltó cuando aprendiste en la infancia.
• Señala las estrategias que usaban tus maestros para enseñarte.
• Qué estrategias de estudio utilizas.
• Qué tecnologías usas.
• De las estrategias que usas, cuáles son más útiles y cuáles son menos útiles.
• Actualmente en la escuela cómo te enseñan.

- Qué se podría mejorar de lo que hacen tus maestros.

Nota: Elaboración propia.

Para el análisis de datos, se integró una unidad de análisis en la que se incluyeron las 3 entrevistas semiestructuradas realizadas, las cuales se videograbaron y contaron con la traducción simultánea de una intérprete de LSM; posteriormente se extrajo el texto de la traducción para alimentar el programa Atlas.ti© versión 24, a fin de realizar una codificación abierta e identificar conceptos recurrentes y con ello, establecer las categorías de análisis, las cuales fueron las siguientes: Experiencias de aprendizaje y SAE; Estrategias de estudio y TIC; Vivencias en la escuela y SAE.

Resultados

Los resultados se analizaron con base en tres categorías: Experiencias de aprendizaje y SAE; Estrategias de estudio y TIC; Vivencias en la escuela y SAE. Las categorías de análisis dieron como resultado en la codificación un total de 151 citas, que permiten identificar el valor intrínseco que los estudiantes dan a sus experiencias, vivencias y estrategias de aprendizaje al transitar en un ambiente social y educativo no siempre consciente y adaptado a sus necesidades (Ver Tabla 2).

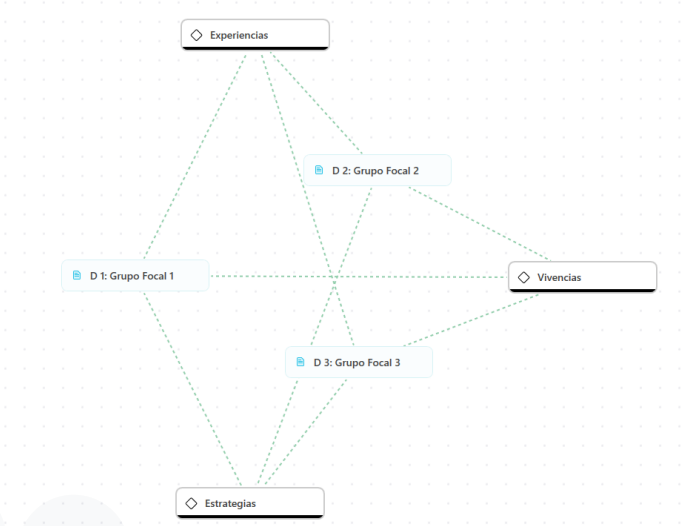
Tabla 2
Identificación de códigos-documento

	1: Grupo Focal 1 44	2: Grupo Focal 2 49	3: Grupo Focal 3 31
Estrategias 35	16	10	9
Experiencias 67	16	29	22
Vivencias 49	15	21	13
Totales	47	60	44

Nota: Elaboración propia con apoyo de Atlas.ti©

Asimismo, en la Figura 1 es posible identificar las interrelaciones entre esas experiencias, las vivencias en su escuela actual y las estrategias que han tenido que desarrollar para aprender en un sistema educativo que, por otro lado, prioriza la textualización de los contenidos.

Figura 1
Red de código-documento



Nota: Elaboración propia con apoyo de Atlas.ti©

Respecto a la primera categoría de análisis, denominada Experiencias de aprendizaje y SAE, se diseñó pensando en el tránsito de los EcDA por la educación básica, para identificar los pormenores de los apoyos educativos que recibieron. Contó con un total de 67 citas y aquí se presentan algunas de las más relevantes:

"Cuando estaba en preescolar, bueno, sí me enseñaban algunas sumas, pero la verdad es que no entendía. Eran oyentes y para mí era confuso todo eso, me cambié y, bueno, la verdad es que estuvimos en una nueva escuela, igual oyentes y para mí era muy confuso. Era muy difícil, no entendía muchas cosas" (PA, comunicación personal, 27 de septiembre 2023).

"Antes, pues no escuchaba, estaba con oyentes y a veces me decían que qué pasa y pues yo les decía que no entendía. Ustedes hablan y hablan, yo no entiendo, para mí es muy difícil" (PE, comunicación personal, 27 de septiembre 2023).

"Primero antes cuando yo era niña, bueno, yo iba aprendiendo con mucha oralización y bueno, yo iba entendiendo poco a poco, iba aprendiendo, pero era

difícil" (PM, comunicación personal, 10 de noviembre 2023).

"Antes, cuando tenía 2 años, antes, me cambié lo que es de escuela y bueno, ahí me enseñaban, si me enseñaban los colores, me enseñaban los números, cuántos hay aquí, cuántos hay acá, cuál es menos, cuál es más, me iban enseñando y yo iba entendiendo, me enseñaban y me explicaban, me decían fíjate, sí entiendes y me daban ejemplos con mímica" (PM, comunicación personal, 10 de noviembre 2023).

"Yo me fui esforzando poco a poco, hasta que tenía 8, 9 años, entonces ya en la escuela, 3º o 4º año más o menos, que me cambiaron, entonces sí la escuela fue más difícil, pero bueno, poco a poco la profesora en lengua de señas y con intérprete, bueno, yo iba entendiendo y yo iba descubriendo cómo se hacían las cosas, como se hacían los cambios y yo corregía mis procesos" (PM, comunicación personal, 10 de noviembre 2023).

"Evidentemente yo tengo un problema auditivo, entonces mi aprendizaje fue el diferente, diferente al de ustedes, ¿no?" (PD, comunicación personal, 10 de noviembre 2023).

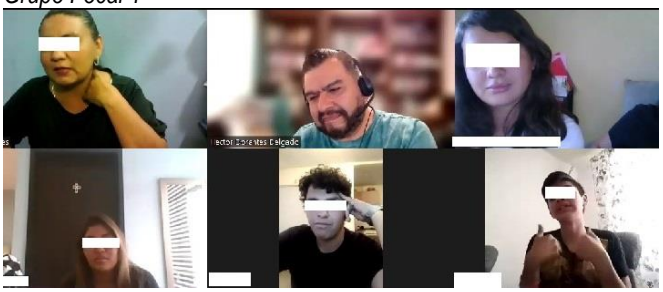
"Yo siento que a veces me faltaba el hecho que me ayudaran un poco más a ver que significaban las cosas, para que me quedara más claro. Yo trataba de estudiar, pero no entendía cómo y entonces la maestra utilizaba materiales para el poder explicarnos y era así como podía hacer las cosas más" (PD, comunicación personal, 7 de junio 2024).

"Este yo recuerdo que antes, cuando era niño, no había interprete. Entonces yo siempre he sido como muy menos, muy tímido. Me daba miedo de que me regañaran, las oraciones en español, las matemáticas, la verdad siempre se me dificultó. Bueno, ya después, cuando me fui a sexto de primaria y aprendí lengua de señas, fue cuando pude empezar a entender más. (PJ, comunicación personal, 7 de junio 2024).

Es pertinente acotar, que para el desarrollo de los grupos focales se realizó una planeación previa para la adecuada aplicación de las preguntas semiestructuradas, además de requerir la participación síncrona de los estudiantes y la intérprete de LSM a través de la plataforma de Zoom para los Grupos Focales 1 y 2 como se muestra en las Figuras 2 y 3 y para el Grupo Focal 3, la sesión se realizó en el salón de clases, como se muestra en la Figura 4.

Figura 2

Grupo Focal 1



Nota: Elaboración propia con apoyo de Zoom©

Con respecto a la segunda categoría, denominada Estrategias de estudio y TIC, se contó con un total de 35 citas, con la intención de identificar tanto las estrategias de estudio que utilizan los EcDA, como el uso que le dan a las tecnologías de la información y comunicación, en este sentido, a continuación, se presentan las citas que representan mejor la opinión de los estudiantes:

"Bueno, yo pienso que sí, si las uso, uso la tecnología, porque para mí, por ejemplo, cuando no hubo clases, cuando no hay clases, pues yo me aburro, no y me estoy en casa, yo necesito este, por ejemplo, YouTube, pero YouTube en lengua de señas, matemáticas español, conocer de historia, ver vídeos, ver muchísimas cosas, también el Facebook, por ejemplo, en el Facebook, ver las noticias. Qué es lo que está pasando en Google, podemos profundizar sobre los temas". (PD, comunicación personal, 7 de junio 2024).

"Sí, hay muchas cosas, el WhatsApp igual, por ejemplo, cuando alguien está muy lejos, otro país o algo así, pues no nos podemos encontrar, pero podemos usar el WhatsApp para comunicarnos y entender". (PM, comunicación personal, 10 de noviembre 2023).

"Sí, yo hago videollamadas, por ejemplo, con otras personas sordas, igual por medio del teléfono, pues es más fácil comunicarnos porque nos comunicamos por medio de lengua de señas y podemos entender claramente por medio del teléfono". (PA, comunicación personal, 27 de

septiembre 2023). “Este pues ponía poquito de subtítulos y algunas palabras que iban realizando y bueno, también, bueno, mi mamá me trataba de explicar un poquitito”. (PC, comunicación personal, 27 de septiembre 2023).
“Mi mamá me apoya, le voy pregunto, pero pues trabaja. Mi papá lo mismo trabaja en Estados Unidos, entonces pues no ha aprendido lengua de señas y pues prefiero estar en el celular” (PE, comunicación personal, 7 de junio 2024).

Figura 3
Grupo Focal 2



Nota: Elaboración propia con apoyo de Zoom©

Con respecto a la tercera categoría de análisis, que se ha llamado Vivencias en la escuela y SAE, se refiere al presente de EcDA en el plantel en el que cursan el bachillerato, que tuvo un total de 49 citas y que a continuación se incluyen aquellas que destacan por su importancia:
“Cuando después, ya en secundaria, fui aprendiendo más y bueno, ahorita que estoy en primero, bueno en primero de prepa, me siento mucho mejor, aunque a veces la verdad es que me confundo, pero pues no, no pasa nada” (PM, (comunicación personal, 10 de noviembre 2023).
“Bueno, la verdad es que antes, cuando estaba en secundaria, me enseñaron a utilizar las letras, pero fue muy poquito, fue lo básico después, ahora en la preparatoria, es recordar lo que la profesora me había enseñado de una forma lo que era utilizar las letras”. (PO, comunicación personal, 10 de noviembre 2023).
“Bueno, ahora la verdad es que sí estoy aprendiendo, ahora que he ingresado en la prepa, lo que no entiendo voy con mis amigos de la escuela” (PC, comunicación personal, 27 de septiembre 2023).
“Porque es entendible porque Adrián tiene la lengua de señas y pues, por ejemplo, él es más claro en poner las letras y al principio no entendía, después cuando dice que hay un número secreto y que la que en forma es la equis y después pone igual”. (PE, comunicación personal, 7 de junio 2024).
“Ah, por ejemplo, en el examen yo no recordaba nada, y ya después de que el profe nos explicó y corregí, ya fue que entendí eso. (PL, comunicación personal, 7 de junio 2024).

Figura 4
Grupo Focal 3



Nota: Elaboración propia con apoyo de Samsung©

Discusión

En cuanto a la primera categoría de análisis, que se centró en conocer los apoyos educativos y las experiencias de aprendizaje a lo largo de la trayectoria escolar de los EcDA, destaca la importancia de que la educación inclusiva responda adecuadamente a sus necesidades específicas. Los testimonios reflejan consistentemente las dificultades experimentadas debido a la falta de adecuaciones pedagógicas y de comunicación en ambientes educativos tradicionales predominantemente orientados a alumnos oyentes. La confusión y frustración inicial que enfrentan estos estudiantes, como se ve en las citas, subraya la carencia de estrategias de enseñanza accesibles y de intérpretes en etapas tempranas cruciales de su desarrollo educativo.
Ante esto, varios estudios han indicado que los alumnos con discapacidad auditiva se benefician notablemente de métodos de enseñanza que incluyen la lengua de señas y ayudas visuales para enfrentarse a las barreras comunicativas que presentan en entornos oyentes (Marschark &

Spencer, 2010)., sin embargo, estas prácticas parecieran no estar aun lo suficientemente generalizadas.

Por otro lado, los EcDA destacan el impacto positivo de los intérpretes y el uso de lengua de señas para la comprensión de los contenidos académicos, lo cual está en sintonía con lo señalado por Marzo et al. (2022), lo que pone manifiesto la importancia del uso de materiales adaptados y el apoyo en forma de explicación visual y ejemplos claros durante el aprendizaje. Esto es respaldado por investigaciones como las de (Knoors & Marschark, 2014), que enfatizan la necesidad de un enfoque multimodal en el aprendizaje para aprovechar al máximo las diferentes habilidades de procesamiento de información de los estudiantes con discapacidad auditiva.

Con respecto a la segunda categoría, orientada a comprender las estrategias de estudio y el uso que los EcDA le dan a las tecnologías de la información y comunicación, hace evidente que las TIC se han convertido en herramientas fundamentales para el aprendizaje y la comunicación de estos alumnos, sin embargo el aprovechamiento de plataformas como YouTube, Facebook y Google para acceder a contenidos educativos sigue siendo limitado por la falta de contenidos en lengua de señas mexicana, asimismo, la importancia del uso de tecnologías como WhatsApp para realizar videollamadas es crucial, ya que habilitan una vía de comunicación eficaz, sobre todo entre personas sordas, facilitando el uso de la lengua de señas de manera visual y en tiempo real. Este uso de TIC no solo favorece el aprendizaje, sino también el desarrollo social y emocional al mantener conexiones con otros individuos de la comunidad sorda, a pesar de las barreras geográficas, lo cual está en concordancia con lo señalado por Alcalá (2016) en el sentido de que las TIC fomentan la inclusión digital y educativa, permitiendo a los estudiantes con discapacidad participar más activamente en la sociedad.

Por otro lado, lo dicho por los alumnos, permite identificar la dependencia de estas tecnologías frente a la falta de recursos comunicativos en sus entornos familiares. En casos donde los padres no dominan la lengua de señas, las TIC pueden ayudar a suplir esa carencia, sin embargo, el uso tecnológico aún enfrenta limitaciones, especialmente cuando se trata de accesibilidad completa del contenido en la web para alumnos sordos.

Finalmente, la tercera categoría de análisis, que estaba orientada a reconocer los apoyos educativos con base en sus experiencias en su escuela actual de nivel bachillerato, pone en evidencia a través de los testimonios de los EcDA que existe un proceso de adaptación en el que estos estudiantes se enfrentan a desafíos, pero también consiguen avances significativos. Por un lado, destacan la transición de la secundaria al bachillerato como un periodo de reforzamiento de conocimientos previos, particularmente en habilidades básicas como la utilización de letras en lugar de números en matemáticas. Este aspecto es consistente con investigaciones que señalan la importancia de repetir actividades y presentar propuestas que incluyan ayudas didácticas para que los estudiantes sordos puedan asegurar la retención y comprensión de conceptos previamente adquiridos (Arce y otros, 2013).

Además, las experiencias de los EcDA reflejan que el apoyo social entre compañeros es fundamental, ya que la interacción con amigos facilita la aclaración de dudas y el aprendizaje colaborativo, lo que es respaldado por estudios que subrayan la función vital de entornos de aprendizaje colaborativos (Rincón, 2020). Adicionalmente, es posible reconocer que el docente juega un rol destacado al ofrecer explicaciones claras y detalladas, así como, teniendo disposición para ayudar a los estudiantes cuando se requiere, siendo esta capacidad de ofrecer retroalimentación y explicaciones claras un punto crucial, como se señala en la literatura, donde se considera que el enfoque en la enseñanza diferenciada y adaptada a las necesidades del estudiante potencia su habilidad para superar obstáculos académicos (Prieto, 2023).

Conclusiones

De acuerdo con el primer cuestionamiento que guio la investigación, podemos señalar que los EcDA contaron con algunos sistemas de apoyo educativo en sus etapas de la educación básica, sin embargo, las experiencias educativas compartidas por los alumnos resaltan la necesidad imperante de implementar prácticas educativas inclusivas y accesibles que atiendan sus necesidades únicas desde el inicio de su educación. El acceso temprano a recursos como intérpretes y la integración de la lengua de señas en el aula no solo facilita una mejor comprensión de los temas académicos, sino que también potencia la autoestima y participación activa de los estudiantes, proporcionándoles herramientas esenciales para su desarrollo integral.

En cuánto a la segunda pregunta, se identificó que las TIC representan un recurso valioso que transforma las estrategias de estudio y comunicación de los EcDA. Estas tecnologías proporcionan acceso a recursos educativos y habilitan redes sociales que coadyuvan a la inclusión y el aprendizaje continuo, asimismo, contribuyen al desarrollo social y emocional de los estudiantes al mantener conexiones con otros miembros de la comunidad sorda, superando incluso barreras geográficas.

A pesar de sus ventajas, el uso tecnológico enfrenta desafíos de accesibilidad, lo que demanda una atención continua hacia la creación de recursos que faciliten una inclusión digital plena para estos estudiantes.

Respecto al tercer cuestionamiento, sus experiencias educativas en el bachillerato sugieren que experimentan un proceso de adaptación en su transición a este nivel educativo, enfrentando desafíos pero también logrando avances significativos, asimismo, el apoyo social entre compañeros emerge como un factor crucial, ya que la interacción con otros estudiantes sordos fomenta el aprendizaje colaborativo, además, resalta la importancia del apoyo tanto del docente, como en lo familiar y social, por lo que podemos inferir que el modelo de bachillerato inclusivo al que asisten, no sólo debe asegurar la accesibilidad física sino también el acceso a métodos efectivos de enseñanza para la atención adecuada de las necesidades individuales de aprendizaje de los estudiantes con discapacidad.

Finalmente, es posible señalar que se requieren aún mayores esfuerzos para profundizar en el conocimiento de los Sistemas de Apoyo Educativo que son útiles para los EcDA para transitar de manera efectiva de modelos de integración educativa a modelos contundentes de educación inclusiva.

Las limitaciones del estudio se relacionan con la posibilidad de incluir a otros planteles del mismo nivel educativo que atiendan a estudiantes con discapacidad auditiva en el país, a efecto de contrastar las diferentes estrategias que se están realizando y que pudieran impactar en los resultados del análisis.

Referencias

Agencia Europea para el Desarrollo de la Educación en *Necesidades Educativas Especiales. (2013). Organisation of Provision to Support Inclusive Education-Literature Review.* https://www.european-agency.org/sites/default/files/organisation-of-provision-to-support-inclusive-education-2013-literature-review_Organisation-of-Provision-Literature-Review.pdf

Alcalá, M. (2016). El mundo de la tecnología especial: las tics en la educación especial. *Revista Internacional de apoyo a la inclusión, logopedia, sociedad y multiculturalidad, 2*(2), 97-105. https://www.redalyc.org/journal/5746/574660898008/574660898008.pdf

Arce, L., Calero, P., & Torres, M. (2013). *Potenciando competencias matemáticas-sumas y restas-en estudiantes sordos a través de ayudas didácticas* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/2364

Booth, T., & Ainscow, M. (2011). *Guía para la Educación Inclusiva. Desarrollando el aprendizaje y la partcipación en los centros escolares. Organización de los Estados Americanos.* https://downgalicia.org/wp-content/uploads/2018/01/Guia-para-la-Educacion-Inclusiva.pdf

Canta, J., & Quesada, J. (2021). El uso del enfoque del estudio de caso: Una revisión de la literatura. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 5*(19), 775-786. https://revistahorizontes.org/index.php/revistahorizontes/article/view/257

Cayón, R. (2014). El apoyo educativo como medida de atención a la diversidad [Tesis de Maestría]. Universidad de Cantabria. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6042/CayonCampuzanoRaquel.pdf?sequence=1

Knoors, H., & Marschark, M. (2014). *Teaching deaf learners: Psychological and developmental foundations.* Oxford Univeristy Press.

Marschark, M., & Spencer, P. (2010). *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education, vol. 2.* Oxford University Press.

Marzo, A., Rodríguez, X., & Fresquet, M. (2022). La lengua de señas. Su importancia en la educación de sordos. *Varona. Revista Científico Metodológica* (75), 1-8. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34322020000300679&script=sci_arttext

Molano, M., Valencia, A., & Apraez, M. (2021). Características e importancia de la metodología cualitativa en la investigación científica. *Revista Semillas del Saber, 1*(1), 18-27. https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/view/314

Moreno, I., & Escobedo, C. (2021). La agenda 2030 y la inclusión bilingüe de los sordos. *Revista de Educación, Cooperación y Bienestar Social* (19), 293-300. https://revistadecooperacion.com/numero19/19-30.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Sordera y pérdida de la audición. OMS.* https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss

Prieto, L. (2023). Prácticas pedagógicas para la enseñanza de estudiantes sordos. *Revista Hojas y Hablas* (24), 146-163. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9453318

Rincón, S. (2020). Estrategias de enseñanza aprendizaje en el proceso formativo de estudiantes sordos en la educación superior. *Horizontes pedagógicos, 22*(2), 13-24. https://horizontespedagogicos.ibero.edu.co/article/view/hop.22101

UNICEF. (2022). *Seen, Counted, Included. Using data to shed light on the well-being of children with disabilities.* https://inee.org/sites/default/files/resources/Disability-report-executive-summary_ES.pdf

Exclusividad laboral: precarización de las mujeres periodistas de Querétaro

Autor: Lic. Esp. Luis Enrique Santamaría Luna

Universidad Autónoma de Querétaro

luis.enrique.santamaria@uaq.edu.mx

Autora y asesora: Dra. Oliva Solís Hernández

Universidad Autónoma de Querétaro

osolish2@hotmail.com

Resumen

El trabajo de las mujeres periodistas en Querétaro está en condición de precarización, que se refleja en bajos salarios y en una constante inestabilidad en la relación laboral que establecen con los medios de comunicación. Aunado a esto se presenta la exclusividad, un elemento que los medios de comunicación exigen a las periodistas para que puedan estar empleadas por las empresas. Esta investigación realiza un acercamiento fenomenológico hermenéutico a las vivencias de las mujeres periodistas y cómo perciben la exclusividad, así como las repercusiones que afectan su trabajo cotidiano. Se realizaron 23 entrevistas semi estructuradas y se analizaron con el software Atlas.ti. Se obtuvo que trabajar en más de un medio es una práctica común gracias a los bajos salarios, pero que se ve limitada por la exclusividad. Ésta busca crear una relación de dependencia que controle distintos ámbitos del trabajo de las periodistas, desde su remuneración económica hasta los tiempos productivos ajenos al periodismo.

Palabras clave: mujeres periodistas, fenomenología, precarización laboral, exclusividad laboral

Abstract

The work of female journalists in Querétaro is precarious, which is reflected in low salaries and a constant instability in the labor relationship they establish with their media companies. Added to this is the element of exclusivity, that the media demands from journalists so that they can be employed. This research takes a hermeneutic phenomenological approach concerning the experiences of female journalists and how they perceive exclusivity, as well as the repercussions of this element that affects their daily work. 23 semi-structured interviews were conducted and analyzed with Atlas.ti. It was found that working in more than one media company is a common practice due to low income, that is once more limited by exclusivity. This aims to create a dependent dynamic that controls different areas of the female journalists' labor, that varies from their income to their off-time that is not directly related to journalism.

Keywords: women journalists, phenomenology, work precarity, work exclusivity

Introducción

El trabajo periodístico en México es uno de los más peligrosos en el mundo. Según afirma Article 19 (2024), desde el 1° de diciembre de 2018 hasta el 31 de marzo de 2024, se registraron 3408 agresiones contra

periodistas, que significa que se presentó una agresión en promedio cada 14 horas.

A la par del riesgo físico que involucra esta labor, se le agrega un elemento fundamental: la precarización de su trabajo. Según la Secretaría de Economía, la remuneración promedio de un periodista es de 9.42 mil pesos mensuales, y 39% son trabajadores informales (Gobierno de México, s.f.), lo que implica que no están contratados directamente con sus medios de comunicación o que tampoco firman un contrato de trabajo. Este tipo de relaciones laborales son denominadas como "perversas", pues toma la forma de "falta de contratos formales, simulación e incumplimiento impune de normas mínimas de protección y prestaciones por parte de los dueños de los medios de comunicación" (Comunicación e Información de la Mujer, 2008, p. 9).

Según datos del portal Data México (Gobierno de México, s.f.), hacia el cuarto trimestre de 2023, la población ocupada como periodista o redactora alcanza la cantidad de 195 personas, aunque este número no establece una diferencia entre el género de los trabajadores que conforman esta cifra. El ingreso promedio, sin distinguir si todas sus actividades productivas están directamente relacionadas con actividades periodísticas, es de 14.6 mil pesos mensuales, y los años invertidos por mujeres en su escolaridad alcanzan los 16 años. También, 20.4 % de periodistas y redactores trabaja bajo una modalidad de informalidad; esta última se conceptualiza en tres distintas acepciones: trabajadores informales en empresas formales, trabajadores informales en negocios informales, y trabajadores familiares pagados que producen bienes para autoconsumo o empleados domésticos (Camberos y Bracamontes, 2021). En la particularidad de Querétaro, Data México comparte que la población de periodistas y redactores que conforman la tasa de informalidad de este ámbito llega a 52.5 % (Gobierno de México, s.f.).

Al no recibir una compensación que demuestre coherencia entre la cantidad y calidad del trabajo periodístico realizado y la compensación recibida (que puede ser económica, en la forma de salario, o también por la obtención de beneficios de ley establecidos por la Ley Federal del Trabajo), las y los periodistas se ven en la necesidad de emplearse en más de un medio de comunicación de forma simultánea. Esta es una modalidad del pluriempleo, que motiva a los periodistas "a aceptar múltiples empleos independientes, a vender publicidad y a trabajar en varios medios de comunicación de forma simultánea y vivir bajo el riesgo del crimen, narcotráfico y las presiones del poder" (Blanco-Herrero et al., 2020, p.2).

En este tenor, Rivera (2020) afirma que las características más comunes de los trabajadores que ejercen el periodismo en México son "salarios bajos, contrataciones por outsourcing, falta de seguridad social, la constante amenaza de ser despedidos o la prestación de servicios de manera independiente" (p. 5). Esta situación se complejiza cuando entra el elemento de la exclusividad, requerido por muchos medios de comunicación para poder establecer una relación laboral con las y los periodistas.

Esta ponencia tiene como objetivo central señalar a la exclusividad dentro de los medios de comunicación como un elemento que precariza el trabajo de las mujeres periodistas en el estado de Querétaro. Para avanzar hacia este objetivo, se retoman dos específicos: identificar las valoraciones que las mujeres periodistas tienen sobre la exclusividad; y señalar las repercusiones positivas o negativas que experimentan las mujeres periodistas al trabajar bajo la exclusividad.

Entender la exclusividad exige mirar hacia investigaciones de corte jurídico que reconstruyan su nacimiento y su aplicación contemporánea. Históricamente, las cláusulas de exclusión nacen dentro de un contexto de luchas sindicales por la defensa de los trabajadores al exigir a los patrones asegurar el empleo a personas miembro de estas organizaciones. Si bien estos elementos son parte de su génesis, la recomprensión de su uso está comúnmente ligada a una laceración estructural de la concepción del trabajador; por ejemplo, Tena (2014) menciona que la existencia de cláusulas de exclusión en los contratos celebrados entre empresas y obreros contemporáneos implica "una concesión de control y sometimiento de los trabajadores, a cambio del fortalecimiento en todos los órdenes de los líderes sindicales, y sus consecuencias han sido nocivos" (p. 543). Sobre si la inclusión de estas cláusulas es una cuestión considerada como inconstitucional es tema para otro espacio; sin embargo, estas expresiones están presentes en los tratos informales acaecidos entre las y los periodistas y sus respectivos medios de comunicación.

Metodología

El estudio se realiza con periodistas reporteras[1], jefas de información, gerentes y directoras de medios, que trabajan en las empresas que aparecen en el Padrón Nacional de Medios Impresos (PNMI, s.f.). La diferencia entre cada una tiene su base en el tipo de decisiones que realizan en su cotidianidad. Para brindar claridad a la jerarquía presente en los medios de comunicación, se presenta la Figura 1 que fue construida con base en las experiencias y significaciones compartidas por las periodistas durante el trabajo de campo. Si bien este diagrama no busca ser un modelo que universalmente aplique a cada medio de comunicación, sí presenta una estructura general que está presente en los medios aunque con terminaciones específicas para cada espacio. Ya que las periodistas reporteras utilizan su reflexión y creatividad para seleccionar y abordar temáticas informativas, ellas están dispuestas en el primer nivel; al avanzar en las jerarquías, las posiciones van adquiriendo mayor potencial para tomar decisiones que afecten al resto de la estructura.

Según el PNMI, en Querétaro están registrados 18 medios; de éstos, 3 son clasificados como "Revista", y el resto están registrados como "Periódicos". De estos medios impresos registrados, sólo 4 muestran el directorio editorial dentro sus páginas oficiales de Internet; 3 tienen una parte digitalizada de sus publicaciones diarias, de donde puede extraerse su directorio; 1 un medio comparte su directorio con su símil de circulación nacional; 4 no tienen publicado su directorio en sus respectivas páginas de internet; y un medio no cuenta con página de internet. Éstos se toman como punto de partida, para luego expandir el análisis hacia periodistas reporteras que no pertenecen estrictamente a estos espacios sino que ejercen labores periodísticas en radio, televisión, y portales de noticias.

[1] La concepción sobre qué es *periodista*, está relacionada con las actividades que ejecuta en su labor cotidiana. Hasta este punto, se ha utilizado el término en forma homóloga al de *reportero*, pues la diferenciación no está estipulada de forma clara. Por ejemplo, Coronel (2012) afirma que "los periodistas reaccionan a lo que acontece o a lo que ha sido anunciado públicamente. Los reporteros pocas veces deciden por cuenta propia sobre qué nota cubren o a qué personaje. Es común que no inicien investigaciones" (p. 13). Entender que el trabajo de investigación no es realizado de forma cotidiana, implica que la reportera tenga diversas actividades que sí puede ejercer diariamente. Tales pueden ser "concebir, articular, producir, analizar y dirigir todo tipo de medios, programas y productos en cualquier soporte técnico, medio, sistema o ámbito de la actividad informativa" (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación [ANECA], 2005, p. 310).

Esta investigación retoma a la fenomenología hermenéutica como eje central para la adopción de herramientas de investigación, así como para la interpretación de la información obtenida en el trabajo de campo. Se retoma a Fuster (2019), autora que distingue al menos cuatro etapas que caracterizan al método fenomenológico hermenéutico[2]: etapa previa o clarificación de presupuestos, recoger la experiencia vivida, reflexionar acerca de la experiencia vivida, y escribir-reflexionar acerca de la experiencia vivida.

La herramienta utilizada es una entrevista semi estructurada, que tiene la intención de captar los significados de las acciones cotidianas de las mujeres periodistas, y al mismo tiempo flexibilizar la posición del investigador para analizarlos, comprenderlos y recopilarlos fielmente en el trabajo de campo.

Al ser semi estructurada, se buscó trabajar "con las palabras del entrevistado y con sus formas de sentir, no siendo una técnica que conduce simplemente a recabar datos acerca de una persona, sino que intenta hacer hablar a ese sujeto, para entenderlo desde dentro" (Corbetta, 2003, como se citó en Tonon, 2013, p. 50). Se buscó que este instrumento mantuviera su flexibilidad para adaptarse a cambios en tiempo real que fueron pertinentes al avance de su aplicación, y que también pudiera evolucionar con respecto a las interpretaciones de las entrevistadas.

En el trabajo de campo se aplicaron 23 entrevistas semi estructuradas a periodistas, quienes permitían el acceso a otros contactos a medida que avanzaba la aplicación; ésta comienza en la primera semana de febrero de 2024, y su terminación llega la primera semana de mayo del mismo año. Las entrevistas semi estructuradas son realizadas en distintos lugares según es conveniente para las periodistas, desde cafés en distintas partes del Centro Histórico de Querétaro, hasta las propias oficinas de las periodistas.

Cada una de las entrevistas fue pactada en razón de la que le precede: atendiendo al proceso de bola de nieve, la primera periodista reconoce las características básicas de la investigación y, bajo propuesta del investigador, ofrece algunos contactos que puedan interesarse en participar. Una vez propuestos, se consideró su viabilidad para establecer el primer contacto, el cual de forma mayoritaria fue realizado a través de mensajería Whatsapp con el número facilitado por la entrevistada anterior. El 74 % de las entrevistadas fueron contactadas a través de este medio, una vez compartido el número de contacto por parte de las entrevistadas previas; el 22 % fue contactada a través de Facebook, principalmente en las ocasiones en que la entrevistada previa afirma que la periodista posterior puede interesarse en el tema, pero que no cuentan con su contacto telefónico; el 4 % restante fue a través de otras plataformas (en este caso, Instagram) debido, como en el caso anterior, a la ausencia del número telefónico.

En la primera parte del análisis, se retoma la información recabada en el trabajo de campo para responder a los objetivos, tanto

[2] Aunque Husserl no es considerado, estrictamente, como un representante de la hermenéutica, su trabajo permitió la distinción de conceptos que ésta disciplina utiliza constantemente. En este sentido, aunque su participación no fue directa, sí se la adjudica un anclaje basado en las posteriores interpretaciones de sus principales obras. Según afirma Vandevelde (2016), existen dos puntos clave donde puede conectarse la hermenéutica con los trabajos de Husserl: primero, el filósofo logró establecer una correlación entre conciencia y objeto, convirtiendo éste en un *objeto* que puede aprehenderse, interpretarse o constituirse; segundo, porque en la base de sus construcciones teóricas y metodológicas utilizó nociones que la hermenéutica retomará como conceptos clave, como la experiencia vivida, la intersubjetividad, la empatía y el mundo de vida.

el central como los secundarios. El total del tiempo de grabación de las 23 entrevistas realizadas alcanza un número de 36 horas y 16 minutos. La entrevista de mayor duración fue 2 horas, 51 minutos y 59 segundos; la más corta fue de 45 minutos y 33 segundos[3].

Se toman las transcripciones surgidas de la aplicación de la entrevista semi estructurada y se disponen en el software Atlas.ti Versión 24.1.0. Este programa permite representar visualmente las relaciones entre los conceptos identificados en las transcripciones de las entrevistas realizadas, así como arrojar qué categorías de análisis son más frecuentes cuando se busca encontrar puntos de correlación entre las unidades de significado.

Para realizar el análisis de esta información, se siguió un proceso de codificación de 3 fases: codificación abierta, codificación axial y codificación selectiva. Las primeras dos fases son retomadas de Strauss y Corbin (2002): la primera se entiende como "el proceso analítico por medio del cual se identifican los conceptos y se descubren en los datos sus propiedades y dimensiones" (p. 110); la siguiente fase relaciona las categorías surgidas en la fase abierta y las diferencia como subcategorías en un proceso denominado axial que la codificación ocurre alrededor del eje de una categoría, y enlaza las categorías en cuanto a sus propiedades y dimensiones" (p. 9). La codificación selectiva implica "la relación conceptual y teórica que guardan entre sí los códigos o familias y que se concreta en la teorización" (Bonilla-García y López-Suárez, 2016, p. 308). Este proceso arroja proposiciones que sirven para analizar algunas características del fenómeno.

Resultados

El primer objetivo busca identificar las valoraciones que las mujeres periodistas tienen sobre la exclusividad. Dentro del trabajo de campo, el elemento de la exclusividad era expresado por las entrevistadas de distintas formas; una de ellas era *dobletear*, que implica una situación de pluriempleo en cuyo centro está la necesidad de complementar su contratación con otros trabajos para que su ingreso económico sea mayor. Las siguientes citas hablan sobre esta situación:

> Desde el principio. Te lo digo porque antes de que nos aumentaran hubo otras personas que renunciaron precisamente por eso, porque querían trabajar en dos medios y no se les permitía, porque se ganaba muy poquito. (Entrevista 5)

> Sí igual, nada más que estaba [*mujer periodista*] de jefa, entonces nos dijo: "sí, yo yo les peleé para que fuera ese salario pero quiero que sean exclusivos, porque yo no quiero que mi agenda o mis temas los vea en otro medio". (Entrevista 14)

El bajo salario ofrecido por un sólo medio es el motivo principal por el que las mujeres periodistas buscan emplearse en más de una empresa. En la Figura 2 se presentan cuáles son las valoraciones más mencionadas por las periodistas con respecto al apego a la exclusividad solicitada.

El total de citas consideradas es de 57, que fueron compartidas por mujeres periodistas que ocupan distintas posiciones dentro de sus medios de comunicación. Como puede observarse, son más las periodistas

[3] Estas cifras no incluyen el tiempo de encuadre epistemológico que fue adherido después de la transformación del instrumento, ya que la conversación no es grabada sino hasta terminar con la explicación de las consideraciones éticas de esta investigación. Por lo mismo, tampoco incluye el tiempo en que se presenta el consentimiento informado, así como su lectura y su llenado.

reporteras las que consideran pertinente el tema de la exclusividad como un elemento que modifica sus dinámicas laborales. Esto se encuentra de forma más clara en el elemento "Relación coercitiva entre exclusividad y empresa". Esto se expresa de distintas formas.

> Pero ellos también ya llevaban su herramienta de que: "tú estuviste trabajando con nosotros tanto tiempo sin un título y eso no se permitía, lo cual no era cierto, y además estuviste trabajando en otro medio y tienes exclusividad", lo cual tampoco era cierto, ¿no? (Entrevista 3)

En la cita anterior, una de las formas en que las periodistas valoran la exclusividad es como una práctica aceptada en una modalidad de las dinámicas laborales pero rechazada en otra. Se trata de la aceptación al *dobleteo* de manera informal y que se contrasta con la formalidad del contrato de trabajo establecido entre ambas partes. Esto crea inestabilidad para las periodistas que ya están dentro de la empresa, y también para las que están por ser contratadas.

> … hubo un problema en [*portal de noticias*], el principal problema que había en ese entonces en [*portal de noticias*] era que no podías dobletear, entonces los reporteros eh tendrían que ser exclusivos, entonces eso no animaba a mucha gente a entrar a [*portal de noticias*], y lo que era que buscaran a recién egresados o personas con poca experiencia. (Entrevista 4)

Esto demuestra un nivel más de precarización: la búsqueda de periodistas que empiezan sus trayectorias laborales. Esto no implica una falta de aptitudes o cualidades por parte de las próximas trabajadoras, sino que se relaciona con una valoración vilipendiada que las empresas tienen con respecto al trabajo ejercido por las periodistas que inician sus trayectorias.

> Es un poquito más como de contraste, de informarte más, y al final del día yo les decía: "pues sí quisiera trabajar ese tipo de información pero, pues también hay un medio que me absorbe demasiado de mi día y entonces, pues ¿en qué momento del día empiezas a trabajar ese tipo de especiales? ¿Qué día estás dispuesto tú a darme para dedicarme de lleno a un especial?" (Entrevista 8)

Como contexto de la cita anterior, una periodista habla sobre las dificultades encontradas cuando divide su tiempo entre distintos medios de comunicación, lo que se acrecienta cuando uno de ellos le exige realizar actividades periodísticas de investigación, lo que se contrapone con l00os acuerdos informales previamente establecidos entre ella y su empresa, y que por supuesto no reflejan de manera adecuada la compensación económica recibida por su trabajo.

Este tipo de valoraciones entran en una categoría de remuneración económica donde las periodistas hacen una reflexión sobre el valor remunerado de su trabajo y el tiempo que invierten para realizarlo. Esto visibiliza una relación entre ambos factores que deviene en una percepción negativa con respecto a las obligaciones que son estipuladas para la periodista.

Repercusiones de exclusividad

Una de las repercusiones de la exclusividad sobre el trabajo de las mujeres periodistas es el establecimiento de estatutos restrictivos para poder participar en un medio de comunicación. Debido al contexto en que se desarrollan las y los periodistas, su compensación económica es percibida como insuficiente para solventar sus necesidades físicas, sociales y familiares. A la par de esto, los medios de comunicación utilizan la exclusividad como una forma de emplear

métodos coercitivos para asegurar que la relación laboral establecida esté forjada bajo una unilateralidad que beneficia principalmente a la propia empresa.

> Eh, por otro lado creo, que esperan que al estar trabajando en un sólo lugar no les digas nunca que no, y que dependas económicamente de eso; es como una, si lo quieres ver así es como una relación violenta, ¿no?, "no me puedes dejar porque dependes de mí, tienes que estar aquí conmigo", ¿no? (Entrevista 18)

Este tipo de dependencia da pie a la aparición de otras formas de precarización del trabajo periodístico, como jornadas laborales excesivas y al seguimiento voluntario por parte de las periodistas con respecto a las líneas editoriales de cada medio. También, su ejecución evidencia un elemento que atraviesa la subjetividad de la mujer periodista: una posible invisibilización de su identidad y su trabajo.

> Ah pero [*la periodista trabajó en varios medios simultáneamente*] en secreto porque como no podíamos dobletear (Entrevista 4)
>
> …
>
> [*¿Por qué los medios piden exclusividad*] Algunos lo hacen es de chocolate, algunos saben que sus reporteros trabajan en otros 2 o 3 medios con otro nombre, lo saben, ¿no?, y que utilizan el equipo cuando les dan equipo, el equipo del medio lo utiliza para otros 2 o 3 medios, es bien sabido, ¿no? (Entrevista 18)

En ambas citas, el escribir sus notas y que tales estén firmadas bajo otros nombres, expresa una marcada invisibilización del trabajo periodístico de las mujeres reporteras. Además, cuando las entrevistadas incluyen el elemento de la tecnología, que gracias a la esencia de su trabajo les exige un constante monitoreo de noticias, redes sociales y demás fuentes de información digitales, se puede vislumbrar otro ámbito donde la exclusividad puede repercutir: los tiempos y energías que invierten en actividades ajenas al periodismo.

> … pero es que era exclusividad no solamente no trabajar en otros medios, sino exclusividad era no dar, no dar clase, no emplearte en otras cuestiones que no tuvieran que ver con el ámbito, y su tema era como de que: "pues queremos que estés concentrada haciendo lo que nosotros te pedimos, ¿no?" (Entrevista 1)

Aquí se observa una operacionalización del biopoder estilo foucaultiano, que busca ejercer una dominación velada sobre los tiempos y cuerpos del trabajador. Este es un intento por obtener el control total de la vida de las trabajadoras periodistas, cuya relación de dependencia económica establecida por la remuneración obtenida está de por sí precarizada.

Esto se vuelve todavía más claro cuando las empresas terminan la relación laboral con las periodistas. Debido a la esencia de la exclusividad que aqueja los contratos de las periodistas, las empresas se benefician de la aquiescencia informal otorgada a las trabajadoras por parte de las jefaturas o por las gerencias informativas o administrativas para emplearse de forma simultánea en distintos medios de comunicación. Uno de los momentos en que se expresa este beneficio, distinto a la reproducción o transmisión de las notas informativas producidas por las trabajadoras, es cuando la empresa decide dar por terminada la relación laboral. Es aquí cuando el medio decide utilizar legalmente la cuestión de la exclusividad para desequilibrar el proceso de salida de la empresa, elemento

que se expresa en una búsqueda constante para menospreciar la calidad del trabajo e incluso la responsabilidad moral de la periodista.

> Cuando estábamos en la liquidación quisieron pelear y decirme que yo tenía exclusividad y que no sé qué y, pasaba pasó lo mismo que en [*medio de televisión privado*], ¿no?, el contrato se había firmado un mes antes o sea, y yo ya iba de salida, ¿no?, y apenas había firmado un contrato con una fecha de tiempo antes… (Entrevista 3)
>
> …
>
> Ah sí, que estaba yo en el evento, y me habla mi jefe [*periodista hombre*] y me dice: "oye [*entrevistada*], lo siento, pero ya no ya sí ya, ya no trabajas en [*portal de noticias*]", y yo: "¿cómo?", y me dice: "pues es que ya le dije a [*periodista*] -que es el dueño-, y pues se enojó mucho y discúlpame, yo le dije que pues tú no nos dejaste botado el trabajo, que querías, pero pues sí se se enojó de que ya estés trabajando en el [*periódico impreso*]", y yo: "bueno", "pero te vamos a pagar la mitad de la quincena, ¿no?", y yo: "ay, muchas gracias". Nunca me la pagó. (Entrevista 22)

Si en un momento las repercusiones de la exclusividad se observaron en el momento en que la periodista participa activamente en el medio de comunicación, también puede presentarse en estas etapas de término de la relación laboral.

Discusión y conclusiones

La exclusividad afecta el trabajo de las mujeres periodistas en Querétaro. El *dobleteo* se convierte en una necesidad cotidiana debido a un salario bajo que reciben cuando se emplean en un sólo medio, aunque esto no es reconocido formalmente por las empresas. Esto motiva a que periodistas con experiencia en el campo laboral decidan no participar en medios de comunicación que rechazan el *dobleteo*, para hacer que las afectaciones de la exclusividad sean resentidas por periodistas que van comenzando sus trayectorias laborales.

Según se observó en los resultados obtenidos, la exigencia por exclusividad implica la construcción de una relación de dependencia entre la periodista y su medio de comunicación, que va desde la compensación económica recibida hasta una búsqueda por ejercer un profundo nivel de control de los tiempos y energías de las periodistas. Además, existe una importante invisibilización de su trabajo que ellas reconocen y aceptan bajo una aquiescencia informal del *dobleteo*, que las empresas pueden ignorar convenientemente según sirva a sus propósitos económicos y jurídicos.

Por lo anterior, se observa cómo la exclusividad laboral implica un nivel más que se agrega a la precarización del trabajo periodístico: una desprotección del bienestar de las trabajadoras. Lo que falta observar es si las repercusiones de la exclusividad pueden potenciar la reflexión de las periodistas para reconocer este ámbito particular de su trabajo, reconocimiento que puede devenir en una lucha en conjunto por parte de las y los trabajadores para defender sus derechos laborales.

Referencias

Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación [ANECA]. (2005). Títulos de grado en Comunicación. ANECA. https://www.aneca.es/documents/20123/63950/libroblanco_comunicacion_def.pdf/0c0517b1-d2bd-b726-123c-4b30a7c3be5e?t=1654601743040

Article 19. (2024). Derechos pendientes. Informe sexenal sobre libertad de expresión y derecho a la información en México [Informe sexenal]. Article 19. https://articulo19.org/derechospendientes

Blanco-Herrero, D., Oller, M., y Arcila, C. (2020). Las condiciones laborales de los periodistas iberoamericanos. Diferencias temporales y geográficas en Brasil, México, Chile, España y Portugal. Comunicación y Sociedad, 17, 1-39. https://www.scielo.org.mx/pdf/comso/v17/0188-252X-comso-17-e7636.pdf

Bonilla-García, M. Á., y López-Suárez, A. D. (2016). Ejemplificación del proceso metodológico de la teoría fundamentada. Cinta Moebio, 57, 305-315. https://www.scielo.cl/pdf/cmoebio/n57/art06.pdf

Camberos, M., y Bracamontes, J. (2021). La informalidad laboral en las entidades de México en el siglo XXI: posibles factores explicativos. Revista Internacional de Estadística y Geografía, 12(1), 30-47. https://rde.inegi.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/RDE33_03.pdf

Comunicación e Información de la Mujer. (2008). Condiciones laborales de las y los periodistas en México, un acercamiento. CIMAC, Comunicación e Información de la Mujer AC. Fundación Friedrich Ebert. https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/06447.pdf

Coronel, S. S. (2012). Digging Deeper: A Guide for Investigative Journalists in the Balkans. BIRN. Balkan Investigative Reporting Network. https://birnsummerschool.org/wp-content/uploads/2016/12/Digging-Deeper-A-Guide-for-Investigative-Journalists-in-the-Balkans-Chapter-One.pdf

Fuster, D. E. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. Propósitos y Representaciones, 7(1), 202-215. http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267

Gobierno de México. (s.f.). Periodistas y Redactores: Salarios, diversidad, industrias e informalidad laboral | Data México. Secretaría de Economía. Consultado el 6 de noviembre de 2024, desde https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/occupation/periodistas-y-redactores

Padrón Nacional de Medios Impresos. (s.f.). Resultado de consulta de medios. Padrón Nacional de Medios Impresos. Retrieved mayo 15, 2023, from https://pnmi.segob.gob.mx/reporte/resultado

Rivera, A. (2020). "Ahora somos prácticamente esclavos": la precariedad laboral del periodismo en México [Tesis de Maestría]. Centro de Investigación y Docencia Económicas. https://repositorio-digital.cide.edu//handle/11651/4251

Strauss, A., y Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Universidad de Antioquia. https://www.lengua25.com/bases-investigacion-cualitativa.pdf

Tena, R. (2014). Mitos y realidades de la cláusula de exclusión. En Temas selectos de derecho laboral: liber amicorum. Homenaje a Hugo Italo Morales Saldaña (pp. 531-564). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas. https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/8/3809/21.pdf

Tonon, G. (2013). La Entrevista Semi-Estructurada como Técnica de Investigación. En G. Tonon (Ed.), Reflexiones Latinoamericanas sobre Investigación Cualitativa (pp. 47-68). Universidad Nacional

de La Matanza. https://colombofrances.edu.co/wp-content/uploads/2013/07/libro_reflexiones_latinoamericanas_sobre_investigacin_cu.pdf#page=48

Vandevelde, P., y Lawn, C. (2016). Edmund Husserl. In N. Keane (Ed.), The Blackwell Companion to Hermeneutics (pp. 383-388). Wiley.

Figura 1

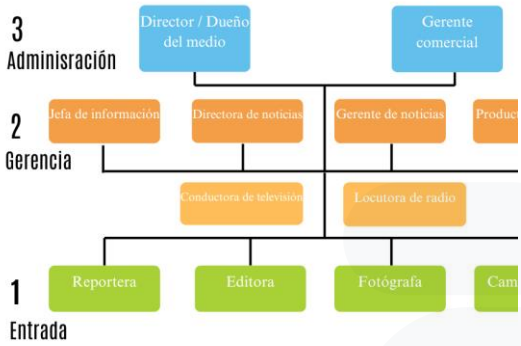
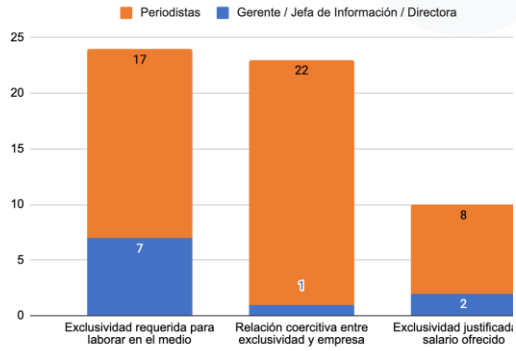


Figura 2



Contaminación por residuos sólidos urbanos y derechos humanos en Chilpancingo de los Bravo, Guerrero

Cinthia Ramírez Izazaga[*]

Karla Elia Mosqueira Valencia[**]

Miguel Ángel Hernández Gómez[***]

Resumen

Desde hace algunos años el municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, atraviesa un grave problema de contaminación por residuos sólidos urbanos (RSU), esto ha generado diversas afectaciones sociales y ambientales, vulnerando así algunos derechos humanos de la población chilpancingueña; por ello, el objetivo del presente trabajo es conocer las consecuencias que esta problemática ha originado, así como, estudiar si existen condiciones necesarias que permitan mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos urbanos y los posibles beneficios.

El estudio se realizó a través de los métodos analítico y descriptivo, implementando la técnica documental y de campo.

Los resultados demostraron que el municipio sufre una crisis en el sistema de gestión de RSU, ocasionando un grave problema de contaminación, afectaciones a la salud y medio ambiente.

Se concluye que, con un buen sistema de gestión y recolección de residuos sólidos, es posible mejorar las condiciones de vida de la población.

Summary

For some years now, the municipality of Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, has been experiencing a serious pollution problem due to municipal solid waste (MSW). This has generated various social and environmental effects, thus violating some human rights of the Chilpancingo population; Therefore, the objective of this work is to know the consequences that this problem has caused, as well as to study if there are necessary conditions that allow improving the urban solid waste management system and the possible benefits.

The study was carried out through analytical and descriptive methods, implementing the documentary and field technique.

The results showed that the municipality suffers a crisis in the MSW management system, causing a serious pollution problem, health and environmental impacts.

It is concluded that, with a good solid waste management and collection system, it is possible to improve the living conditions of the population.

Palabras clave

Contaminación, Residuos sólidos urbanos, Derechos humanos.

[*] Maestra en Derecho por la Universidad Autónoma de Guerrero; actualmente estudiante del cuarto semestre del Doctorado en Derecho de la Universidad Autónoma de Guerrero; México. Correo electrónico: 11276757@uagro.mx ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1738-850X

[**] Doctora en Derecho. Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Revisora de tesis. Correo electrónico: Karla.mosqueira@uaq.mx

[***] Doctor en Derecho. Profesor-Investigador del Doctorado y Maestría en Derecho de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Coordinador del Cuerpo Académico en consolidación CA-217 "Democracia y Sociedad". Coordinador del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Director de tesis. E-mail 13841@uagro.mx, Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2779-1119

Keywords

Pollution, Urban solid waste, Human rights.

Introducción

El municipio de Chilpancingo de los Bravo, es la capital del estado de Guerrero, cuenta con una población estimada de 3,540,685 habitantes (INEGI, 2020), desde hace algunos años, el municipio sufre una crisis de contaminación por RSU, por lo cual, es común encontrar basura tirada en las calles de la ciudad capital.

La situación ha ocasionado que la ciudad tenga un mal aspecto, además, la contaminación por RSU propaga malos olores y bacterias. Esto vulnera los derechos humanos de la población chilpancingueña de vivir en un medio ambiente sano y a la salud.

El problema de la contaminación por RSU en Chilpancingo de los Bravo, ha incrementado con el paso de los años, debido al mal sistema de recolección, manejo y depósito final de los residuos.

Objetivo general: conocer cómo se han vulnerado los derechos humanos en Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, derivado de la problemática que atraviesa el municipio por contaminación de residuos sólidos urbanos.

Objetivos Específicos:

- Estudiar los principales conceptos, teorías jurídicas y ambientales sobre contaminación por residuos sólidos urbanos.
- Analizar los antecedentes más trascendentes sobre la contaminación por residuos sólidos urbanos en Chilpancingo de los Bravo.
- Estudiar los beneficios sociales y ambientales que se pueden generar a partir de la implementación de mecanismos jurídicos y políticas públicas que ayuden a mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en Chilpancingo de los Bravo, Guerrero.

Antecedentes

La contaminación es un problema a nivel mundial que incrementa día con día, existen diversos tipos de contaminación, sin embargo, la más común es la que se genera por residuos sólidos urbanos. Los cuales, se entienden como aquellos que se originan en las casas habitación, establecimientos o vías y lugares públicos; son artículos, materiales o productos utilizados principalmente en actividades domésticas y que posteriormente son eliminados, como los envases, empaques o embalajes (Cámara de Diputados, Ley General para la Prevención y gestión Integral de los Residuos, 2020, p. 7), por mencionar algunos, la característica principal para que sean considerados como residuos, es que los materiales dejan de tener utilidad para sus dueños o poseedores, por tal motivo, se ven en la necesidad de deshacerse de ellos.

En la ciudad de Chilpancingo de los Bravo existe una grave crisis en cuanto a la adecuada prestación de servicios públicos, entre ellos, el servicio de recolección de basura; al no contar con camiones suficientes para la recolección de RSU, el municipio ha concesionado este servicio a particulares, los cuales, trabajan en camionetas recolectando la basura y son conocidos en la ciudad capital como los de “la basura jefa” (esto debido al sonido perifónico que los recolectores utilizan). Los recolectores particulares, cobran por brindar el servicio, aunque algunos no establecen una tarifa como tal, generalmente el costo es de $10.00 por bolsa de basura.

Durante el año 2017, el basurero municipal comenzó a exceder su capacidad, por tal motivo, a través de un fallo judicial, el basurero municipal fue clausurado, esto ocasionó una crisis sanitaria en la ciudad, ya que, al no contar con un basurero en dónde depositar los desechos, el servicio de recolección de basura fue suspendido, el ayuntamiento municipal no contaba con la capacidad suficiente para recolectar la basura generada por los habitantes (Palma, 2017).

Esta noticia fue nota internacional, porque las calles de la ciudad se inundaron de basura, por ende, los malos olores y

propagación de focos de infección invadieron a la capital del estado de Guerrero.

Aunque el problema persistió por meses, finalmente el servicio fue restablecido, no obstante, la deficiencia en el servicio de recolección de basura es algo que actualmente sigue padeciendo la población, por ende, los derechos humanos de los chilpancingueños siguen vulnerándose.

Normatividad

La máxima norma del Estado mexicano es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPUM) y desde 1999 en su artículo 4°, en sus párrafos cuarto y quinto (Cámara de Diputados, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2024, p. 13) señala:

> "Toda persona tiene derecho a la salud."
>
> "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley."

El texto constitucional reconoce que la salud y el medio ambiente sano, son derechos humanos, por lo cual, es obligación del Estado garantizar el cumplimiento y respeto de estos derechos, aunado a esto, es importante recordar que los derechos humanos son interdependientes, es decir, al vulnerar uno de ellos, automáticamente se están transgrediendo otros.

Leyes que reglamentan lo relativo a los RSU:

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.
- NOM-083-SEMARNAT-2003.

En el ámbito estatal, Guerrero cuenta con la siguiente normatividad sobre el manejo de residuos sólidos urbanos:

- Ley Número 593 de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero.
- Reglamento de la Ley Número 593 de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero.
- Ley Número 878 del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero.

Las normas jurídicas mencionadas establecen los lineamientos de distribución de funciones y competencias, acciones que las entidades federativas y municipales deben llevar a cabo, regulación de actividades, reglas para el establecimiento de sitios de disposición final de RSU, aprovechamiento de RSU, responsabilidades y obligaciones, por mencionar algunos.

Problemática actual

La población de Chilpancingo de los Bravo ha manifestado sentir preocupación por el servicio de recolección de basura, debido a la poca disposición de camiones recolectores por parte del Ayuntamiento municipal, solo 32.60% de las personas tienen acceso al servicio de recolección proporcionado por el Ayuntamiento; mientras que el 61.70% de la población utiliza el servicio de recolección de la "basura jefa", el 5.7% restante de las personas utilizan otros métodos para deshacerse de sus RSU; por otra parte, el 42.80% considera que el servicio de recolección de RSU es malo (H. Ayuntamiento Municipal Constitucional de Chilpancingo de los Bravo, 2021, p. 73).

A pesar de que el Plan Municipal de Desarrollo, contempla algunas acciones para mejorar el servicio, como la creación de un relleno sanitario, es importante aclarar que esas acciones no se llevaron a cabo. Actualmente el basurero de la ciudad es a cielo abierto, como la mayoría de los basureros que existen en México. Lo que significa un grave daño ambiental, puesto que, este tipo de basureros no se ajustan a las normas ambientales.

Además, la población sigue abandonando su basura en las calles, esto no solo evidencia la deficiencia del servicio por

parte del gobierno municipal, también demuestra la falta de cultura y conciencia ecológica por parte de la población chilpancingueña.

Como parte de las obligaciones del municipio, las autoridades decidieron comenzar a multar a todos aquellos que sean sorprendidos abandonando sus bolsas de basura en la vía pública, las multas van de los cuatro mil ochocientos once pesos, hasta diecinueve mil doscientos cuarenta y cuatro pesos (Molina, 2022).

A pesar de implementar las multas para quienes sean sorprendidos abandonando su basura en vía pública, el problema persiste y va en aumento, lo que significa que esa medida no ha resultado efectiva.

Imagen 1



Nota: la imagen fue tomada por los autores y muestra cómo se encuentran las bolsas de basura en el centro histórico de Chilpancingo de los Bravo, exactamente en el Andador Zapata.

Imagen 2



Nota: la imagen fue tomada por los autores, en ella se puede observar la banqueta llena de bolsas de basura, en la calle 5 de mayo, esquina con calle C. Canuto Neri; esta es una de las calles céntricas de la ciudad, se encuentra a tan solo dos cuadras de la alameda central.

Imagen 3



Nota: la imagen fue tomada por los autores, en el paseo Alejandro Cervantes Delgado, una de las principales avenidas de la ciudad.

Metodología

Para la realización de la investigación se emplearon los métodos deductivo, analítico y descriptivo, por medio de los cuales se llevó a cabo un análisis y descripción del problema, partiendo de ideas generales que llegaron a conclusiones particulares.

El estudio se delimita de manera espacial en el municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero; en cuanto a la temporalidad, se tomaron datos recabados a partir de 2017, hasta 2024.

Las técnicas e instrumentos utilizados son:

- Documental: incluyendo bibliografía, hemerografía, cibergrafía, videografía, audiografía y material jurídico; se recabó diversa información para contextualizar el problema en cuestión.
- De campo: por medio de material fotográfico obtenido de la observación del problema de investigación.

Resultados

Derivado del problema de contaminación que se vive en Chilpancingo de los Bravo, la ciudad tiene un mal aspecto y se están vulnerando los derechos de las personas a vivir en un medio ambiente sano, así como el derecho a la salud.

Los habitantes de la ciudad también son responsables del grave problema de contaminación por RSU, ya que, ellos son los que abandonan sus bolsas de basura en lugares públicos.

Por su parte, el ayuntamiento municipal, no ha cumplido con su obligación de brindar un servicio de recolección adecuado, lo que ocasiona que la población busque otras alternativas para deshacerse de sus RSU.

Para los chilpancingueños lamentablemente se volvió algo normal y cotidiano respirar olores fétidos generados por la basura abandonada en las vías públicas, aunado a esto, también es parte de la normalidad de la ciudad encontrar basura en las calles, esta situación expone a toda la población a la proliferación de diversas bacterias e infecciones.

El problema de la contaminación por RSU en la ciudad no es reciente, pues desde hace más de 7 años Chilpancingo comenzó a presentar dificultades para brindar un servicio adecuado de recolección de RSU.

Discusión

Chilpancingo de los Bravo enfrenta diversas dificultades en la prestación de servicios públicos, no obstante, los antecedentes demuestran que el gobierno municipal no ha tomado medidas para mejorar ninguno de sus servicios públicos, por lo cual, las deficiencias persisten y se agravan con el paso de los años.

El derecho a un medio ambiente sano es un derecho humano, que puede transgredirse cuando las autoridades competentes se ven rebasadas y no logran tener el control, ejemplo de ello, es la contaminación, que se deriva de una mala gestión de residuos; es importante señalar que este problema es muy común, principalmente en los países latinoamericanos, esto demuestra la falta de atención de los gobiernos y la falta de planeación para una adecuada gestión de RSU (Rodríguez Guerra & Baca Cajas, 2021).

A pesar de que la contaminación por RSU es un problema global, es importante que los gobiernos tomen las medidas que ayuden a mitigar los daños y afectaciones derivadas de la contaminación.

El ayuntamiento de Chilpancingo de los Bravo, no proporciona dato alguno que esclarezca las partidas presupuestales destinadas a la mejora del servicio de recolección de RSU, esto indica que existe un descontrol o falta de transparencia por parte de la Administración Pública Municipal (Candia Flores, 2021).

Es importante comprender que la administración municipal en ocasiones se ve rebasada por las demandas de la población, sin embargo, como parte de sus obligaciones debe buscar alternativas a través de las cuales pueda proporcionar a la población los servicios públicos básicos necesarios. En el caso específico de Chilpancingo, no existen indicios que demuestren que el gobierno local haya intentado mejorar las condiciones del servicio de recolección y gestión de RSU.

Para construir un nuevo modelo de gestión de RSU, es importante entender la realidad mexicana, es necesario y fundamental utilizar una visión multidisciplinar, porque la problemática de la contaminación por RSU implica diversos aspectos de tipo: legal, social, educativo, sanitarios, químicos, biológicos, técnicos, económicos, territoriales (Olivo Escudero et al., 2024), solo por mencionar algunos.

La contaminación por RSU es un problema que se erradica solo si se trabaja de manera conjunta, en este caso, entre el gobierno municipal y la población, pues ambos son responsables de cuidar el medio ambiente, si bien es cierto, disfrutar de un medio ambiente sano es un derecho humano reconocido en la norma constitucional, pero es importante recalcar que como ciudadanos también tenemos

la obligación de cuidar de nuestro entorno, evitando tirar basura en las vías públicas.

La protección de los derechos humanos compete a los gobiernos, pero los ciudadanos deben cumplir con sus obligaciones, pues de no hacerlo, estamos atentando en contra de nuestros propios derechos humanos.

Educar y concientizar a la población es parte fundamental para poder cambiar la situación actual del municipio, porque la problemática de la contaminación y el impacto negativo que genera, no terminará si las personas no toman conciencia de la gravedad del asunto (Bedolla Solano et al., 2024).

El problema de la contaminación por RSU en Chilpancingo de los Bravo, no solo se deriva de la falta de acción del municipio, puesto que, la población es responsable de abandonar la basura en las vías públicas, por lo tanto, la problemática también se ha incrementado por la falta de cultura, educación y conciencia ambiental de los chilpancingueños.

Conclusiones

En Chilpancingo de los Bravo Guerrero desde hace años se está vulnerando el derecho humano a un medio ambiente sano, lo cual, también ocasiona una vulneración al derecho humano a la salud.

La contaminación por RSU va en incremento y el municipio no ha implementado medidas para mejorar el servicio de recolección y gestión de residuos, aunado a esto, no ha demostrado transparencia en cuanto a los presupuestos destinados a este servicio público.

Este problema también deriva de la falta de educación y cultura de la población, por ello, es importante implementar políticas públicas a través de las cuales, se eduque a la población, fomentando la conciencia ecológica.

A pesar de que existe normatividad, el gobierno municipal no ha cumplido con ella, por ello, es importante implementar mecanismos jurídicos más efectivos para mejorar las condiciones del servicio de recolección de RSU, de esta manera, se mitigarán los daños causados por la contaminación por RSU y la población chilpancingueña podrá vivir en un medio ambiente sano, sin exponerse a bacterias e infecciones propagadas por la contaminación que hay en la ciudad, respetando así los derechos humanos reconocidos por la norma constitucional.

Referencias bibliográficas

Bedolla Solano, R., Bedolla Solano, J. J., y Miranda Estaban, A. (2024). Análisis de la problemática socioambiental de residuos sólidos urbanos con habitantes de la comunidad de Las Vigas en la Costa Chica de Guerrero, México. *Acta Universitaria, 34*, 1-20. https://doi.org/http://doi.org/10.15174/au.2024.4001

Cámara de Diputados. (8 de mayo de 2020). *Ley General para la Prevención y gestión Integral de los Residuos.* Recuperado 2024 de octubre de 16, Aratículo 5°, fracción XXXIII: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

Cámara de Diputados. (30 de septiembre de 2024). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado 17 de octubre de 2024, Artículo 5°, párrafos cuarto y quinto: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Candia Flores, N. (2021). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Chilpancingo de los Bravos 2018-2021. *Foro de Estudios sobre Guerrero, 9*(1), 77-86. file:///C:/Users/HP/Downloads/FESGRO-2021-90-99-1.pdf

H. Ayuntamiento Municipal Constitucional de Chilpancingo de los Bravo. (2021). Recuperado 2024 de octubre de 17, Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024.

INEGI. (14 de octubre de 2020). *Información de México*. Recuperado 2024, Información por entidad, Guerrero, Población: https://cuentame.inegi.org.mx/monogra

fias/informacion/gro/poblacion/default.aspx

Molina, J. (6 de julio de 2022). Multas de casi 20 mp, por tirar basura en vía Pública de Chilpancingo. *QUADRATIN*. Recuperado 19 de octubre de 2024, from https://mexico.quadratin.com.mx/multas-de-casi-20-mp-por-tirar-basura-en-via-publica-de-chilpancingo/

Olivo Escudero, J. C., Ortiz Aguirre, A. D., Perea Valerio, M., y Rodríguez Herrero, P. H. (2024). La evolución de las regulaciones de los residuos sólidos urbanos en México: un abordaje interdisciplinario y de derecho comparado. *Actualidad Jurídica Ambiental*(145), 1-41. https://doi.org/https://doi.org/10.56398/ajacieda.00367

Palma, A. d. (27 de enero de 2017). Por fallo federal, cierran basurero en Chilpancingo. *El Universal*, pp. https://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2017/01/27/por-fallo-federal-cierran-basurero-en-chilpancingo/. Retrieved 15 de octubre de 2024.

Rodréguez Guerra, A., y Baca Cajas, K. A. (2021). Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas, 42*(1), 49-61. https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO