



Memorias del **Tercer Encuentro Estatal** de Jóvenes Investigadores

2022



Memorias del **Tercer Encuentro Estatal** de Jóvenes Investigadores

2022

Las opiniones vertidas en el presente documento son responsabilidad única de las y los autores, y no representa la postura de la institución que edita.



PUEBLA
Un gobierno *presente*



Secretaría
de Educación

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Sergio Salomón Céspedes Peregrina

Gobernador Constitucional del Estado de Puebla

Javier Aquino Limón

Secretario de Gobernación del Estado de Puebla

Gabriela Bonilla Parada

Presidenta del Sistema Estatal para el
Desarrollo Integral de la Familia

María Isabel Merlo Talavera

Secretaría de Educación del Estado de Puebla

Eduardo Castillo López

Presidente de la Junta de Gobierno y Coordinación Política del
H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Puebla

María Belinda Aguilar Díaz

Presidenta del Tribunal Superior de Justicia del Estado de Puebla

Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología
del Estado de Puebla

Luis Gerardo Aguirre Rodríguez

Responsable del Área de Publicaciones

Andrea Nazareth Tlaxcalteca Cruz

Iliana Judith Gómez Pérez

Corrección de estilo

Luis Gerardo Aguirre Rodríguez

Diseño editorial y de portada

Primera edición, México, 2023

Publicado por el Consejo de Ciencia y Tecnología de Puebla
(CONCYTEP) B Poniente de La 16 de Sept. 4511,
Col. Huexotitla, 72534. Puebla, Pue.

ISBN: 978-607-8901-94-4

CÓDIGO IDENTIFICADOR CONCYTEP: C-L-2023-10-88

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o
parcialmente por cualquier medio, indicando los créditos
y las fuentes de origen respectivas.

Iliana Judith Gómez Pérez
Coordinadora

Prefacio

Una investigación de cualquier índole comienza con una idea, mientras ves algún programa en algún dispositivo electrónico, tiendes la cama, paseas al perro o lees un libro; plasmas la idea y poco a poco investigas hasta saciar esa curiosidad y paso a paso obtienes más y más conocimiento que con el tiempo siempre es de utilidad. Cuando hablamos de investigación, imaginamos personas en un laboratorio con distintos tipos de materiales o encerradas en cuartos con pilas y pilas de libros, sin embargo, esto no siempre es la realidad.

Desde que adquirimos cierto control de nuestro cuerpo, tenemos esa esencia de querer saber, curiosidad le llaman; gracias a ello y al apoyo de los padres, madres y/o tutores y a las y los profesores, es que se van desarrollando habilidades que nos ayudan a encaminarnos en este basto mundo de la investigación, con proyectos que poseen objetivos determinados a la resolución de una problemática a nivel local, regional o estatal.

A través de los años, el programa «Encuentro de Jóvenes Investigadores» en sus diferentes versiones, siempre ha tenido el mismo objetivo, fomentar la investigación en pro del estado, propiciando el desarrollo científico, tecnológico y el de las humanidades, aumentando no solo el nivel académico, sino también el panorama de los nuevos profesionistas, creando conciencia de lo que conlleva el quehacer científico.

El resultado se vió reflejado en los 94 proyectos que contendieron buscando ser los mejores, de los cuales se presentan en este libro, los 30 proyectos mas sobresalientes. Mis mas sinceras felicitaciones, confiando en que esto incentivará a nuevas generaciones a participar en este tipo de dinámicas.

QFB. Andrea Nazareth Tlaxcalteca Cruz

Prólogo

La ciencia puede definirse como el conocimiento que, hallado a través de determinados métodos y mediante ciertas técnicas y herramientas, se emplea para la comprensión de los acontecimientos pasados, presentes y futuros, así como también para la resolución de problemas actuales y la prevención de problemas futuros.

La ciencia y la tecnología han sido esenciales para el manejo de la crisis sanitaria debido a la pandemia por COVID-19, también son indispensables para la recuperación transformadora con mayor igualdad y sostenibilidad ambiental. Coincidió en que la pandemia, ha evidenciado graves asimetrías entre el mundo desarrollado y los países en vías de desarrollo en cuanto a acceso a vacunas, concentración de la riqueza y el ingreso, economía digital y responsabilidades climáticas, las que amenazan con agudizarse.

Es muy grande el reto en cuanto a lograr conectividad y alfabetización digital y científica para construir la sociedad que queremos. La ciencia y la tecnología nos servirán para disminuir la desigualdad de oportunidades. Ha quedado absolutamente claro que, si un país no invierte en investigación, tendrá que pagar mucho más dinero por la investigación desarrollada por otros, como lo es el caso de las vacunas. La pandemia ha demostrado el valor que tienen las tecnologías digitales en situaciones de emergencia. Su utilización se ha priorizado en el sector de la educación con la enseñanza a distancia, y también en el sector de la salud con la telemedicina, la utilización de drones para la entrega de medicamentos, para pruebas y la detección en aglomeraciones públicas de personas que presentaban una temperatura corporal elevada. La recuperación post-pandemia podría ofrecer una oportunidad para centrarse en tres acciones que están fuertemente vinculadas a la ciencia y la tecnología: acelerar el desarrollo de las energías renovables, transformar la forma en que producimos y consumimos los alimentos, y garantizar un futuro digital inclusivo. De ahí la importancia de generar las condiciones para que los jóvenes se involucren en actividades científicas y de desarrollo tecnológico. La mejor forma de lograr una sociedad más justa, igualitaria y equitativa es mediante la formación de profesionales que puedan incidir positivamente en las acciones que en este caso nuestro país y el mundo requieren por medio de su conocimiento, rigor científico y compromiso social.

La Unesco subraya la importancia de la ciencia en la vida cotidiana, con el fin de que el pensamiento científico no se ponga en práctica solamente al ir a un museo o asistir a una clase, sino que sea parte de la vida de las nuevas generaciones. Es por esto que crece la premisa de involucrar la ciencia y tecnología desde edades tempranas, exponiendo a los niños y jóvenes al desarrollo de las «habilidades del futuro». Es importante comunicar y acercar la ciencia y la tecnología a la sociedad, propiciar que las personas puedan informarse sobre los avances vigentes y ser parte del debate científico emergente. La población necesita de una cultura científica y tecnológica para comprender la complejidad y globalidad de la realidad, para adquirir habilidades que le permitan desenvolverse en la vida cotidiana, para relacionarse mejor con su entorno y para la necesaria toma de decisiones.

Es importante brindar experiencias para que los jóvenes valoren positivamente a la ciencia, esto hará que muy posiblemente muestren conductas que consoliden una vocación científica en el corto y mediano plazo. La cultura científica ha ido ganando espacio dentro de la sociedad en diferentes temas como la salud, la conservación del medio ambiente, los medios de comunicación, así como en las condiciones que mejoran la calidad de vida del ser humano. El aproximar la ciencia y la tecnología a los niños y adolescentes favorece el desarrollo de sus capacidades de observación, análisis, razonamiento, comunicación y abstracción; todo esto de manera autónoma. La mejora de la formación científica para los jóvenes puede significar también una mejora para la sociedad, al ayudarlos a convertirse día a día en ciudadanos más responsables que contribuyan a construir una economía fuerte, un medio ambiente más saludable y un futuro más próspero para todos.

En este sentido el objetivo del Tercer Encuentro Estatal de Jóvenes Investigadores organizado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del estado de Puebla (CONCYTEP) es promover, difundir, fomentar y estimular las vocaciones científicas relacionadas con las humanidades, ciencia, tecnología e innovación entre las y los jóvenes investigadores de Puebla, convocó a investigadores de la entidad poblana de nivel licenciatura desde el sexto semestre y hasta un año de haber egresado de la misma. Se recibieron trabajos provenientes de 16 regiones de todo el estado de Puebla. Los participantes inscribieron sus trabajos en alguna de las 8 áreas del conocimiento: 1) Físico-Matemáticas y Ciencias

de la Tierra, 2) Biología y Química, 3) Medicina y Ciencias de la Salud, 4) Ciencias de la conducta y la Educación, 5) Humanidades, 6) Ciencias Sociales, 7) Ingenierías y Desarrollo Tecnológico y 8) Ciencias de la Agricultura, Agropecuarias, Forestales y de Ecosistemas; además de una categoría interdisciplinaria.

Estoy convencida de que el trabajo disciplinado y creativo en equipo fue clave para el desarrollo de las investigaciones de estos jóvenes investigadores, involucrarse en identificar el problema, en la búsqueda de información científica, conocer los métodos, recolectar, clasificar y ordenar los datos, analizar, interpretar y discutir los resultados para finalmente preparar la presentación de los mismos. Espero que hayan disfrutado y enriquecido su vocación.

Todas y cada una de las investigaciones realizadas y reunidas en estas memorias abordan problemáticas desde lo cotidiano y las relaciones sociales hasta lo microscópico como es el estudio de las neuronas y cómo éstas se adaptan ante los estímulos que recibe nuestro cuerpo. Para el lector será interesante conocer las propuestas de modelos para la optimización de semáforos que tanta falta hacen en las ciudades muy urbanizadas, haciendo que los tiempos de traslado sean más cortos por lo que además mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje a distancia sea cada vez más necesarios considerando lo alejado de algunas comunidades y la brecha digital y económica que existe. Desde este enfoque el aprovechar responsablemente los recursos naturales y las propiedades de varias plantas para limpiar agua y el aire se vuelve necesario, por ejemplo, eliminar iones de plomo; el almidón para valorizar la leche bronca o el camote y la papa para generar empaques biodegradables, todo esto sin duda mejorará nuestra vida. En el ámbito de la salud, el profundizar el conocimiento de la relación existente entre enfermedades prevalentes como la diabetes y la periodontitis, el atender sus posibles consecuencias a todos los tejidos de nuestro cuerpo incluidas las neuronas, permitirá generar mejores estrategias de prevención y tratamiento en el corto y mediano plazo. Para curar o controlar varias enfermedades la farmacoterapia es necesaria por lo que estudiar las posibles propiedades farmacológicas de compuestos orgánicos como las hidrazonas y de otras sustancias para eliminar o disminuir la drogodependencia común sobre todo en jóvenes, se vuelven valiosas propuestas. La drogodependencia es un grave problema de salud que impacta en la sociedad además de otros problemas como el ejercicio libre de la democracia, la equidad de género y el atender a grupos vulnerables, por lo que el proyecto de mamás canguro para niños vulnerables nos acerca a la meta de brindar soluciones pertinentes. Gracias Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla por un encuentro más de jóvenes investigadores.

Julia Flores Tochihiuitl

Profesora investigadora de tiempo completo
Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Contenido

CAPÍTULO 1 - FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA

1. **Reconstrucción de alta resolución de un objeto mediante pticografía de Fourier.** 3
Yañez Cabrera Andres, Rendón Delgado Luis Alberto y Robledo Sánchez Carlos Ignacio
2. **Evaluación de sensado de CO₂ basados en semiconductores óxido metálicos.** 11
Reyes Arriaga Litzy Dolores y Robles Águila María Josefina

CAPÍTULO 2 - BIOLOGÍA Y QUÍMICA

1. **El camino al descubrimiento de una nueva especie de serpiente mexicana** 21
Maldonado Bustamante María Fernanda, Hernández Jiménez Carlos Alberto y Flores Villela Oscar Alberto
2. **Síntesis, caracterización y evaluación biológica de hidrazonas como potenciales fármacos** 27
García Hernández Melisa Guadalupe, Valseca Martínez Paola, Pacheco Álvarez Teresa y Mendoza Martínez Ángel Gabriel

CAPÍTULO 3 - MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

1. **Obesidad visceral como factor de riesgo para hipertrigliceridemia en una población México-americana** 37
Ochoa Précoma Renata, González-Mejía Martha Elba, Torres Rasgado Enrique y Porchia Leonardo Martin.
2. **Resina dental filtek z250 modificada con óxido de grafeno** 43
Márquez Villegas Beatriz, Sámano Valencia Carolina y Flores Tochiuitl Julia
3. **Obesidad visceral como factor de riesgo en el desarrollo de hígado graso no alcohólico** 49
Elguezabal Rodelo Rebeca Garazi, Gonzalez-Mejía Martha Elba y Porchia Leonardo Martin
4. **Acciones de farmacovigilancia de analgésicos de las y los docentes de las clínicas de la facultad de estomatología de la BUAP** 55
Suazo Ramos Rosy Itzel, Flores Tochiuitl Julia y Teutli Mellado Karla Marisol
5. **Estudio de la expresión de ECA2 en pacientes que cursaron con Covid-19: estandarización** 63
Trejo Alvizar Karla Valeria, Tuxpan Perez Getzemany Sedeño Monge Virginia Morfología de las neuronas piramidales de la corteza somatosensorial de ratas diabéticas con periodontitis 71
Espinoza Hernández María Guadalupe y Flores Tochiuitl Julia
6. **Evaluación de anticuerpos anti-microvesículas usados como agentes terapéuticos para disminuir la multidrogorresistencia en aislados clínicos de *Klebsiella Pneumoniae*. . . .** 81
Espinosa-Hernández Sofía, Sánchez-Palacios Dulce María, González-Vázquez María Cristina, Lozano-Zaraín Patricia y Carabarrín Lima Alejandro

CAPÍTULO 4 - CIENCIAS DE LA CONDUCTA Y LA EDUCACIÓN

1. **Mamás canguro: arrullos al corazón a niños de 0 a 3 años en situación de vulnerabilidad** 93
Gómez Ponce Blanca Patricia y Murrieta Ortega Raymundo
2. **Tendencias y necesidades de formación profesional en el área educativa: Perspectiva de egresados y estudiantes** 103
Juárez Muñoz Rosalba y Croda Borges Gabriela

CAPÍTULO 5 - HUMANIDADES

1. **La ciencia no tiene género: análisis del desarrollo de la mujer en las diferentes disciplinas de la ciencia.** 115
Francisco Dominguez Diana Shiraly, Ramos Barrales Ángel Fernando y Tlaxcalteca Cruz Andrea Nazareth
2. **La construcción del árabe en los discursos de la primavera árabe en la prensa mexicana (2010-2015)** 123
Romero de Alba Haya

CAPÍTULO 6 - CIENCIAS SOCIALES

1. **Intervención agroecológica, a través de huertos biointensivos, hacia una autosuficiencia alimentaria y soberanía familiar, en la comunidad de Camotepec** 135
González Garrido Alma Cristina y Alvarez Heintz Layli Sara
2. **Análisis de la comunicación e interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entre alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes y padres durante la pandemia de COVID-19. Puebla, 2021.** 143
Méndez López Gabriela Carolina y Mateos Espejel María de Lourdes Esther
3. **Análisis semiótico de la representación del activismo LGBTQ+ en las películas Pride (Warchus, 2014) y 120 battements ar minute (Campillo, 2017)** 155
Escamilla Tiburcio Edgar Ulises

CAPÍTULO 7 - CIENCIAS DE AGRICULTURA, AGROPECUARIAS, FORESTALES Y DE ECOSISTEMAS

1. **Uso de las hojas, frutos y semillas de Ardisia Compressa K. como bioadsorbentes para la eliminación de iones de plomo** 167
Hernández-Vargas Wendy Jaressy, Vázquez- Sánchez Alma Yolanda y Abatal Mohamed
2. **Desarrollo de empaques funcionales a base de suero de leche fermentado, camote morado y papa** 175
Macías González Jose Antonio, Hernández Carranza Paola y Ochoa Velasco Carlos Enrique

3.	Golden plant: agrobioproducto para micropropagación de Agave spp.	183
	<i>Aguilar Jiménez Daniel, Mendoza Roque Jessica Marleni, García Lezama Lilia y Sánchez Carpintero Carmela</i>	
4.	Malla Ecológica para Retención de Humedad y Nutrientes para la plantación de Cuatomate en la Zona Árida de la Mixteca Poblana.	189
	<i>Estrada García Lizbeth Rocío y Escamilla Ramírez Rosalinda</i>	

CAPÍTULO 8 - INGENIERÍAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

1.	Aplicación móvil de cuidado agrícola (ACMA).	199
	<i>Rosales Roldan Eduardo, Barbosa García Daniel y Paredes Xochihua María Petra</i>	
2.	Obtención de microcápsulas con extracto de muicle (<i>Justicia Spicigera</i>) mediante la técnica de extrusión por goteo	207
	<i>Gil Gutiérrez Sarai y Cid Ortega Sandro</i>	
3.	Secado por aspersión de kéfir enriquecido con almidón de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>), como valorización de la leche bronca de Tehuacán, Puebla	217
	<i>Macedonio Correa Fernando Trigio, García Elízalde Jehieli, Carpintero Tepole Violeta, Juárez Mendoza Lucila, Díaz Arriaga Francisco Ramón y Vázquez León Lucio Abel</i>	
4.	PaaS implementada en un sistema de registro de ingreso	225
	<i>Domarco Martínez Paolo y Rivera García Yareny</i>	
5.	Análisis de técnicas y procedimientos para desarrollar una aplicación web que calcule los costos de fabricación de los chales bordados elaborados por artesanas de Hueyapan, Puebla.	231
	<i>Carreón Romero María Eugenia, Carreón Romero Laura, Mora Ambrosio Israel, Viveros Macías Omar Yahir y González Galicia Aldo Alberto</i>	
6.	Picosatélite educativo cansat, «Titan-Sat».	241
	<i>García García Valentina, Cruz González Jimena y Mancilla Cerezo Josué.</i>	

CAPÍTULO 9 - INTERDISCIPLINARIAS

1.	Desarrollo de una prótesis de mano parcial mediante el uso de metodologías de diseño y manufactura aditiva	253
	<i>San Pedro Ochoa Eduardo y Cervantes Martínez Alfredo Eduardo</i>	
2.	Uso del modelo de colas M/M/1/∞ para la modelación y optimización de semáforos en calles unicarriles	265
	<i>López Romero Melanie Aidee, Cote García Martín y Tajonar Sanabria Francisco Solano</i>	



Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Reconstrucción de alta resolución de un objeto mediante pticografía de Fourier

^aYañez Cabrera Andres*, ^aRendón Delgado Luis Alberto y ^aRobledo Sánchez Carlos Ignacio

^aFacultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Prol. 24 Sur, Ciudad Universitaria, 72570 Puebla, Pue., México.

*andres.yanez@alumno.buap.mx

Resumen

Mejorar la resolución de una imagen en un sistema óptico como en un microscopio, usualmente es un objetivo complejo de rebasar, debido a las componentes mecánico-ópticas del sistema que por sí mismas limitan el campo de visión y la profundidad de foco de las imágenes que se pueden obtener. La pticografía de Fourier supera estas limitaciones utilizando métodos computacionales, que extienden la resolución máxima a alcanzar. En este proyecto se diseña un primer modelo para la implementación de PF, se muestra el funcionamiento del algoritmo

iterativo y la reconstrucción del objeto utilizado como muestra (corte delgado del cerebro de un ratón). Este trabajo constituye una base para futuras investigaciones y diseños experimentales con las que se busca motivar su desarrollo e implementación en distintas áreas de la ciencia como un método simple y alternativo en la observación de muestras delgadas, comúnmente biológicas.

Palabras clave: Pticografía, Fourier, Algoritmo, Resolución.

Abstract

Improving the resolution of an image in an optical system, such as in a microscope, is usually a complex objective to overcome, due to the mechanical-optical components of the system that by themselves limit the field of view and the depth of focus of the images that can be obtained. Fourier ptychography overcomes these limitations using computational methods, which extend the maximum resolution to be achieved. In this project, a first model for the implementation of PF is designed, the operation of the iterative algorithm and

the reconstruction of the object used as a sample (thin slice of a mouse brain) are shown. This work constitutes a basis for future research and experimental designs and thus motivate its development and implementation in different areas of science as a simple and alternative method in the observation of thin samples, commonly biological.

Keywords: Ptychography, Fourier, Algorithm, Resolution.

- PF, Pticografía de Fourier
- NA, apertura numérica
- θ , medio ángulo máximo de aceptación del lente objetivo
- ϕ , ángulo de inclinación de la iluminación

-

Introducción

Antecedentes

El nombre «pticografía» fue acuñado por Hegerl y Hoppe en 1970 para describir una solución al problema de la fase cristalográfica sugerida por primera vez por Hoppe en 1969 [1]. Aunque la idea encapsula el concepto subyacente de interferencia por convolución (ptico) e invariancia traslacional, la pticografía cristalina no se puede utilizar para obtener imágenes de objetos continuos, porque muchos (hasta millones) haces interfieren al mismo tiempo, por lo que las diferencias de fase son inseparables. Hoppe abandonó su concepto de pticografía en 1973. El interés generalizado en la pticografía solo comenzó después de la primera demostración de la pticografía iterativa de recuperación de fases de rayos X en 2007 en la Swiss Light Source (SLS) [2]. Desde 2010, varios grupos han desarrollado las capacidades de la pticografía para caracterizar y mejorar la óptica reflectante [3] y de rayos X refractiva [4]. En 2012 también se demostró que la pticografía electrónica podría mejorar la resolución de una lente electrónica en un factor de cinco [5], un

método que se utilizó en 2018 para proporcionar la imagen de transmisión de mayor resolución jamás obtenida.

En 2013, Zheng *et al.* descubrieron los beneficios de las matemáticas de la pticografía para obtener imágenes microscópicas de diapositivas completas sin partes móviles y demostró su importancia experimental [6]. La simplicidad de la primera configuración experimental de pticografía de Fourier (PF) de Zheng *et al.* ayudó a que la técnica ganara interés científico y comercial en una amplia variedad de áreas de investigación. Su relación con la pticografía también ha ayudado en la transferencia de conocimiento y la rápida aceleración de la investigación relacionada.

Pticografía de Fourier es una técnica para obtener imágenes microscópicas computacionales de alta resolución, está basada en la microscopia óptica y consiste en la síntesis de una mayor apertura numérica (NA) a partir de un conjunto de imágenes adquiridas por varios ángulos de iluminación resultando en un alto incremento en la resolución, comparada con la microscopia convencional. PF recupera la información del objeto por medio de un algoritmo iterativo que procesa el conjunto de imágenes adquiridas en el dominio de Fourier (dominio frecuencial) para

finalmente combinar estos datos en una sola imagen que parece haber pasado a través de una lente «sintética», cuyo tamaño efectivo puede extenderse por todo el cono de luz difractada por el objeto, para ofrecer una resolución mucho mayor.

Impacto al estado

Una ventaja principal de esta técnica es que no requiere de *hardware* complejo, por ejemplo, el uso de LED parcialmente coherente para la iluminación ayuda a evitar los artefactos de alto coste y uso limitado. Esta ventaja facilita la reproducción e implementación del arreglo en los sectores científico, salud, social y académico. El estudio y desarrollo de configuraciones experimentales de la técnica de pticografía de Fourier, conforman una base para futuras investigaciones que permitan la colaboración con institutos o centros de investigación que requieran un mecanismo de contraste para sus observaciones realizadas por otros métodos.

Debido a la fácil reproducción del arreglo y el algoritmo, la técnica puede ser utilizada como método de apoyo en la observación de muestras de sangre y tejido en clínicas de salud en poblaciones con recursos limitados o insuficientes. La versatilidad de la técnica permite diseñar una amplia variedad de configuraciones, siendo posible la mejora de su aplicación en el ámbito en el que se utilice.

Por lo tanto, el propósito de este trabajo es estudiar la técnica de pticografía de Fourier, contribuyendo a motivar su desarrollo e implementación en distintas áreas de la ciencia como un método simple y alternativo que sirva de apoyo y referencia visual en la observación de muestras delgadas, comúnmente biológicas y con esto simplificar observaciones que presenten limitantes por las componentes o por una alta demanda de tiempo de

procesamiento, puesto que tiene ventajas considerables tanto en resultados como en implementación.

Para ello, con el diseño de un arreglo experimental base y la implementación del algoritmo, se estudia el proceso experimental y computacional para la recuperación con alta resolución del objeto bajo estudio. Esta configuración servirá de base para una futura caracterización de un prototipo portátil de un arreglo en pticografía de Fourier.

Conceptos elementales

Las lentes tienen una extensión finita, por lo que constituyen un sistema limitado por la difracción.

En el dominio de Fourier este sistema limitado está caracterizado por la función de transferencia de amplitud (FTA), mostrada en la ecuación (1).

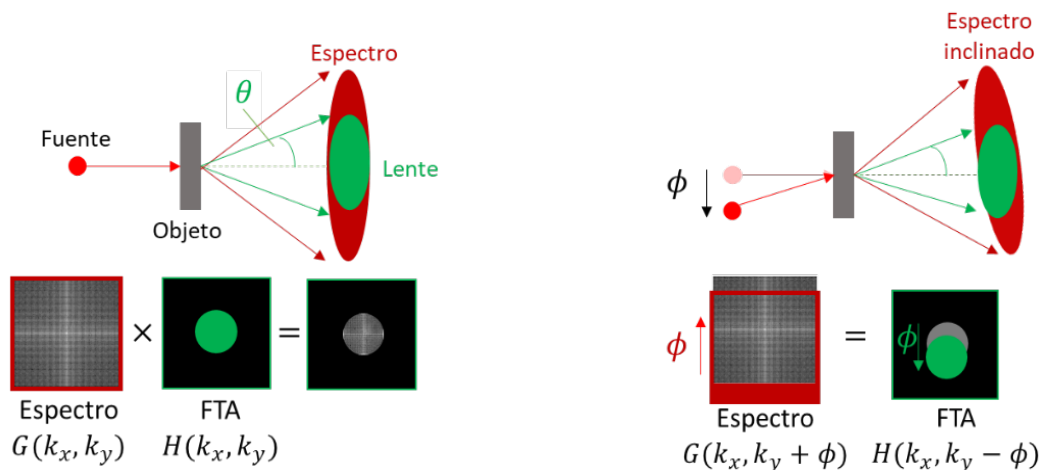
$$H(k_x, k_y) = P(k_x, k_y) \quad (1)$$

Donde (k_x, k_y) son las frecuencias espaciales en el espacio de Fourier y $P(k_x, k_y)$ es conocida como función pupila y está asociada a la lente.

Por lo tanto, la función pupila definida para la extensión finita de la lente, limita el rango de componentes de Fourier (componentes frecuenciales) que pasan por el sistema óptico.

La muestra bajo observación al ser irradiada con una fuente de iluminación difractará la luz entrante en un cono grande, es decir, una distribución de vectores de onda.

Este gran cono casi siempre excederá el ángulo máximo de aceptación del lente objetivo, cuyo medio ángulo denotamos como θ . La resolución de un sistema de imagen está especificada por el ángulo de aceptación del lente objetivo y, por tanto, de su FTA, como se muestra en el esquema de la Figura 1(a). Donde $G(k_x, k_y)$ denota el espectro de Fourier del objeto.



a) Iluminación normal a la muestra y su respectivo filtro en el plano de Fourier.

b) Iluminación inclinada, produciendo una inclinación del espectro de Fourier del objeto en un ángulo ϕ .

Figura 1. Esquemas: iluminación en pticografía de Fourier

Para la adquisición de imágenes, la técnica PF captura secuencialmente diferentes segmentos del gran cono de luz difractada mediante la adquisición de múltiples imágenes. Cada imagen se captura con la muestra bajo iluminación desde un ángulo único ϕ como se muestra en el diagrama de la Figura 1(b). [7]

Al cambiar la fuente de iluminación puntual a muchas posiciones diferentes, es posible garantizar que una gran fracción del cono de luz difractado pase a través de la lente y hacia el sensor de imagen, aunque en diferentes puntos en el tiempo, es decir, dentro de diferentes imágenes.

La apertura numérica sintética NA_{syn} que resulta de aumentar el ángulo de iluminación se expresa en la ecuación (2) y está definida por la geometría del sistema. [7]

$$NA_{syn} = NA_{illu} + NA_{obj} \quad (2)$$

Donde NA_{illu} es la apertura numérica de iluminación definida por la ecuación (3), donde $\phi_{m\acute{a}x}$ es el ángulo máximo de iluminación entre el eje óptico y un LED y n_{illu} es el índice de refracción entre la fuente de iluminación y la muestra, en este caso aire.

$$NA_{illu} = n_{illu} \sin \phi_{m\acute{a}x} \quad (3)$$

Materiales y métodos

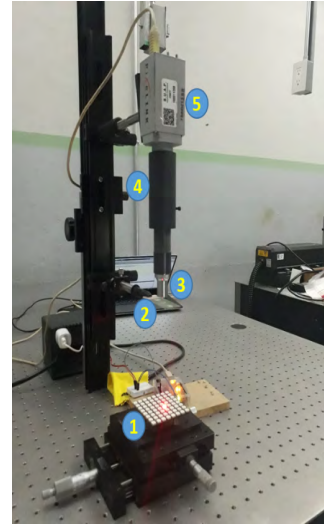
Configuración experimental

El sistema óptico diseñado para el uso de la técnica PF se puede apreciar en la Figura 2. Las componentes son las siguientes:

1. Matriz de 8x8 LEDs. Solo se utilizaron 49 LEDs en un arreglo de matriz cuadrada 7x7.
2. Distancia adyacente entre LEDs: 4 mm. Distancia de la matriz a la muestra: 128 cm.
3. Objeto bajo estudio, (muestra delgada del cerebro de un ratón) Figura 3.

4. Lente objetivo de microscopio NewPort, $NA = 0.25$ y aumento de 10X
5. Adaptador de lente objetivo y cámara con montaje en C.
6. Cámara CCD, PIXELINK. Tamaño de píxel: 6 μm .

Figura 2. Arreglo experimental de PF implementado.



Como se ha mencionado anteriormente, en la técnica de pticografía de Fourier se capturan un conjunto de imágenes en distintos ángulos de iluminación. Estas imágenes son importadas al algoritmo iterativo para la recuperación del objeto en amplitud y fase. Para esto se programó el sistema óptico para que cada uno de los LEDs de la matriz se enciendan de manera secuencial (Figura 4), al encender cada LED la cámara captura una imagen.

En la figura 5 se muestran las imágenes adquiridas.

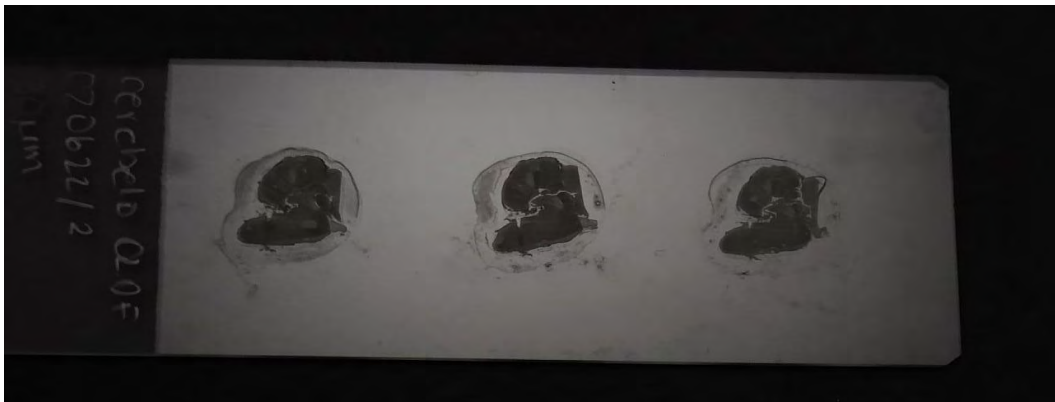
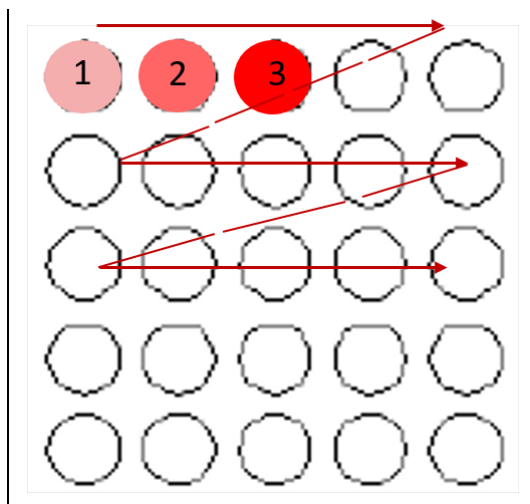


Figura 3. Objeto bajo estudio: corte delgado de cerebro de ratón (grosor: 30 μm)

Figura 4. Secuencia de encendido y captura de imágenes.



Proceso computacional

La técnica PF procesa el conjunto de imágenes capturadas en diferentes ángulos de iluminación con un algoritmo iterativo que se retroalimenta con cada imagen para obtener una solución auto-consistente del objeto.

El algoritmo proyecta alternadamente el objeto entre el dominio espacial y de Fourier (dominio frecuencial). El procedimiento se explica en los siguientes pasos:

1. Inicia el proceso con una estimación inicial del objeto de alta resolución $\sqrt{I_{ar}}e^{i\phi_{ar}}$, donde el subíndice indica alta resolución.

2. Genera una imagen de baja resolución $\sqrt{I_{bn}}e^{i\phi_{bn}}$ correspondiente a la obtenida con la iluminación del n -ésimo LED. El subíndice n indica baja resolución y el subíndice hace referencia al n -ésimo LED.
3. Reemplazar con la intensidad medida I_{bm} (la imagen capturada correspondiente): $\sqrt{I_{bn}}e^{i\phi_{bn}} \rightarrow \sqrt{I_{bm}}e^{i\phi_{bn}}$ para actualizar la información del objeto en el dominio espacial. Y actualizar así también la región correspondiente de $\sqrt{I_{ar}}e^{i\phi_{ar}}$ en el espacio de Fourier.
4. Repetir los pasos 2 y 3 para los diferentes ángulos de iluminación correspondientes a cada LED.
5. Repetir los pasos 2 a 4 hasta que se obtenga una solución auto-consistente.

Especificaciones

Para generar la imagen de baja resolución correspondiente $\sqrt{I_{bn}}e^{i\phi_{bn}}$ (paso 2), primero se proyecta la estimación inicial del objeto $\sqrt{I_{ar}}e^{i\phi_{ar}}$ en el espacio de Fourier, sujeto a la restricción dada por el filtro pasa-bandas producido por la función de transferencia de amplitud del lente objetivo.

Con ello se ha obtenido la región del espectro de Fourier estimado que es correspondiente con el ángulo de iluminación del n -ésimo LED.

Segundo, la región del espectro, resultado de la proyección del objeto en el dominio de Fourier, es llevada al dominio espacial, y entonces la amplitud del objeto es reemplazada por la medición (paso 3). Una vez reemplazada la amplitud, se le aplica la transformada de Fourier de dos dimensiones para obtener así una actualización en la región correspondiente del espectro de $\sqrt{I_{ar}}e^{i\phi_{ar}}$.

Las regiones actualizadas correspondientes a cada LED se superponen o pliegan con regiones vecinas,

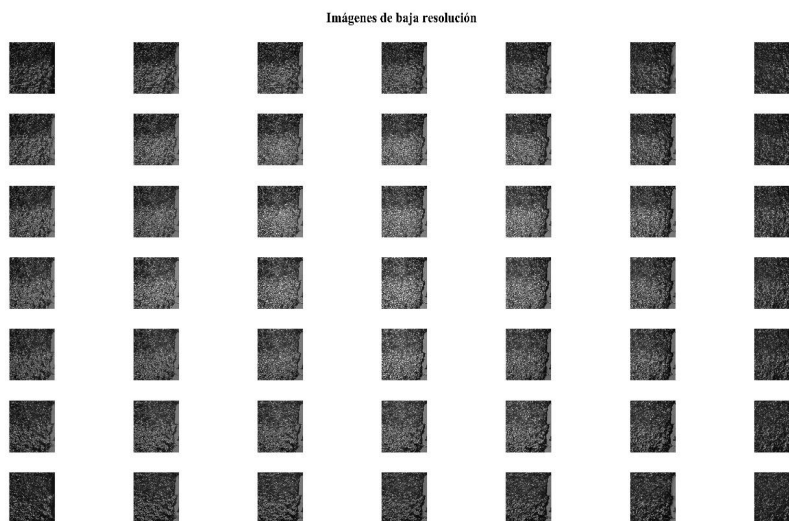


Figura 5. Imágenes de baja resolución adquiridas (resolución 0.16 MP)

iteradamente en el dominio de Fourier para generar el espectro sintético (paso 4).

El proceso concluye después de realizar el plegado de todas las regiones correspondientes, obteniendo el espectro de Fourier sintético.

Finalmente (paso 5) se repiten los pasos 2 a 4, hasta obtener una solución auto-consistente, pero se debe aclarar que, a partir del segundo ciclo, se utiliza el espectro de Fourier sintético en lugar de la proyección de la estimación inicial en el espacio de Fourier.

Resultados/ Discusión de resultados

Obteniendo la transformada inversa de Fourier, se extraen amplitud y fase.

Los resultados que aquí se presentan, muestran el espectro sintético (figura 4), amplitud y fase recuperadas (Figura 5) del objeto bajo estudio y la apertura numérica sintética obtenida.

Al utilizar 1000 ciclos en el algoritmo se visualiza con alta calidad el tejido del cerebelo del ratón. Se alcanzó una resolución de 2.5 MP y una apertura numérica sintética NA_{syn} de 0.32.

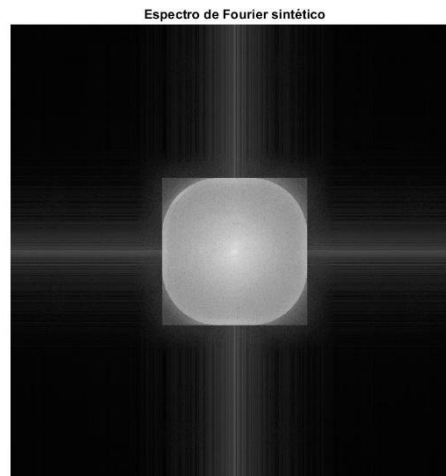


Figura 6. Espectro de Fourier sintético, construido con el algoritmo de picografía de Fourier

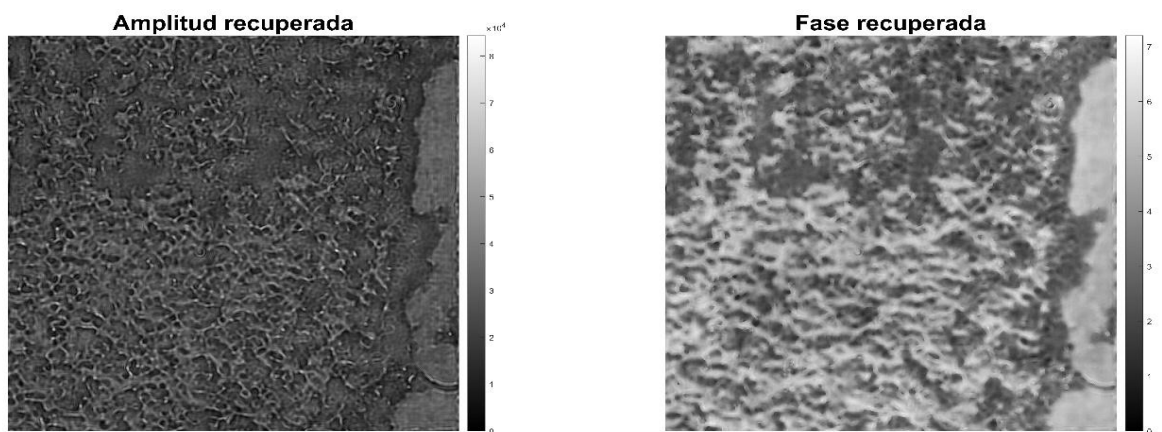


Figura 7. Amplitud y fase recuperadas del objeto bajo estudio (tejido del cerebelo del ratón)

Conclusiones

Considerando que la muestra tiene un grosor de 30 μm , la recuperación de amplitud y fase de la muestra delgada del cerebro de ratón presentó una mejora considerable conforme se aumentó el número de ciclos con los que se trabajó el algoritmo. Se trabajó con un máximo de 1000 ciclos.

También se observó que la calidad reconstrucción aumenta al mejorar la nitidez y uniformidad de las imágenes de baja resolución capturadas. Esto se logra al capturar un conjunto de 5 imágenes por cada LED que se enciende y promediarlas, la imagen resultante será entonces la n -ésima imagen utilizada, proveniente del n -ésimo LED.

Pticografía de Fourier es una técnica simple que tiene aplicación en distintas áreas de investigación. Su capacidad para reconstruir imágenes cuantitativas de fase y amplitud simultáneamente a bajo costo se encuentran entre las principales ventajas que la distinguen de otras técnicas de formación de imágenes.

La técnica presenta una gran versatilidad para el diseño de una amplia variedad de configuraciones experimentales, esta ventaja, da pie a futuras investigaciones y al desarrollo de prototipos con hardware simple y de bajo costo para la observación rápida de muestras, los cuales pueden ser utilizados en clínicas de salud con poblaciones que cuenten con recursos limitados.

Además, puede ser utilizada como método de apoyo en el aprendizaje en institutos y universidades, así como herramienta visual para la divulgación científica.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Diseñar un prototipo portátil de un arreglo de pticografía de Fourier, que permita utilizar lentes objetivo, cámaras y matrices de LEDs distintas a las utilizadas en este trabajo y, por tanto, lograr un aumento en la resolución de un objeto delgado, utilizando componentes simples y de bajo costo.

Como parte de la colaboración que se realizó en este trabajo con el Instituto de Fisiología BUAP y con base en lo aprendido en los procesos experimental y computacional y en los resultados obtenidos, se realizarán diferentes modificaciones al arreglo base para su implementación en estudios especializados en el área de fisiología.

Agradecimientos

Agradezco al laboratorio de interferometría y holografía, y al laboratorio de pruebas ópticas de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas BUAP, por el apoyo en el material y espacio de trabajo proporcionados.

Hacemos un especial agradecimiento al Instituto de Fisiología BUAP, quienes trabajan en el análisis neurológico

en ratones enfermos, por proporcionarnos la muestra delgada del cerebro de ratón, que será utilizada para las primeras observaciones del prototipo a diseñar.

Referencias bibliográficas

- [1] Hegerl R, Hoppe W (1970). «Dynamic theory of crystal structure analysis by electron diffraction in the inhomogeneous primary beam wave field». *Reports of the Bunsen Society for Physical Chemistry*. 74 (11), p. 1148–1154. <https://doi.org/10.1002/bbpc.1970074112>
- [2] Rodenburg JM, Hurst AC, Cullis AG, Dobson BR, Pfeiffer F, Bunk O, *et al.* (2007). «Hard x-ray lensless images of extended objects.» *Physical review letters*. 98 (3), p. 034801. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.034801>
- [3] Kewish CM, Thibault P, Dierolf M, Bunk O, Menzel A, Vila-Comamala J, *et al.* (2010). « Ptychographic characterization of the wave field at the focus of reflective hard X-ray optics.» *Ultramicroscopy*. 110 (4), p. 325–329. doi: 10.1016/j.ultramicro.2010.01.004
- [4] Schropp A, Boye P, Feldkamp JM, Hoppe R, Patommel J, Samberg D, *et al.* (2010). «Characterization of hard X-ray nanobeam by coherent diffraction microscopy». *Letters of Applied Physics*. 96 (9), p. 091102. doi: 10.1063/1.3332591
- [5] Humphry MJ, Kraus B, Hurst AC, Maiden AM, Rodenburg JM (2012). «Ptychographic electron microscopy using high-angle dark-field scattering for sub-nanometer resolution imaging». *Nature Communications*. 3 (370), p. 730. <https://doi.org/10.1038/ncomms1733>
- [6] G. Zheng, R. Horstmeyer, and C. Yang, (2013). «Wide-field, high-resolution Fourier ptychographic microscopy.» *Nat. Photonics* 7(9), p. 739–745. <https://doi.org/10.1038/nphoton.2013.187>
- [7] Pavan Chandra Konda, Lars Loetgering, Kevin C. Zhou, Shiqi Xu, Andrew R. Harvey, and Roarke Horstmeyer, (2020). «Fourier ptychography: current applications and future promises,» *Opt. Express* 28, p. 9603–9630. <https://doi.org/10.1364/OE.386168>

Material de consulta

- [8] J. W. Goodman. (2005). «Introduction to Fourier optics.» Third edition. Roberts and Company.

Evaluación de sensado de CO₂ basados en semiconductores óxido metálicos

^aReyes Arriaga Litzzy Dolores y ^b Robles Águila María Josefina*

^a Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, Edificio 106H, Av. Sn. Claudio y 18 sur, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue., México.

^b Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Edificio 105 C, Boulevard 14 Sur y Av. San Claudio, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue., México

* josefina.robles@correo.buap.mx

Resumen

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero cuyas emisiones han incrementado debido a actividades antropogénicas. La detección de este gas permitirá disminuir la exposición a altas concentraciones. Estos se detectan mediante sensores de gases que permiten transformar señales químicas en señales eléctricas. Los sensores de gas miden el cambio en la resistencia tras la exposición de las moléculas del gas adsorbido. Los sensores de gas basados en semiconductores óxido metálicos muestran un gran potencial para detectar este gas debido a características como su bajo costo y su corto tiempo de respuesta. El mecanismo de sensado de los semiconductores óxido metálicos detectan el gas por una

reacción redox entre las moléculas del gas y material del sensado. La presente investigación se centró en el semiconductor óxido de tungsteno; este fue sintetizado por la técnica de sol-gel y recocido a tres diferentes temperaturas; posteriormente fue depositado en películas mediante la técnica Dr. Blade. Mediante métodos gráficos y análisis de datos, se evaluaron sus características dinámicas, tiempo de recuperación y respuesta, esto con la finalidad de comparar el funcionamiento de este material.

Palabras clave: Sensores, Detección de Gases, Contaminación Ambiental, Semiconductores óxido Metálicos.

Abstract

Carbon dioxide is a greenhouse gas whose emissions have increased due to anthropogenic activities; the detection of this gas will decrease exposure to high concentrations. These can be detected by gas sensors that can transform chemical signals into electrical signals. Gas sensors measure the change in resistance after exposure of the adsorbed gas molecules. Among the gas sensors based on metal oxide semiconductors show great potential for detecting this gas due to features such as low cost and short response time. The sensing mechanism of metal oxide semiconductors detects the gas by a redox reaction between the gas molecules and

the sensing material. The present investigation focused on the tungsten oxide semiconductor, which was synthesized by the sol-gel technique and annealed at three different temperatures and then deposited on films by the Dr. Blade technique. By means of graphical methods and data analysis, its dynamic characteristics, recovery time and response were evaluated to compare the performance of this material.

Keywords: Sensors, Gas detection, Environmental contamination, Metal oxide semiconductors.

- S, respuesta de sensado
- Rg, resistencia más alta
- CO₂, dióxido de carbono
- CO, monóxido de carbono
- SO₂, (dióxido de azufre)
- NO₂, dióxido de nitrógeno
- WO₃, óxido de tungsteno
- NaCl, cloruro de sodio
- HCl, ácido Clorhídrico
- C₅H₁₂O, pentanol
- O₃, ozono
- COVs, compuestos orgánicos volátiles
- NH₃, amoníaco
- μm, micrometro
- PM₁₀, partículas iguales o menores a 10 micrometros
- PM₂₅, partículas iguales o menores a 25 micrometros
- ppm, partes por millón
- °C, grados centígrados
- MW01, óxido de tungsteno tratamiento térmico a 400 °C
- MW02, óxido de tungsteno tratamiento térmico a 600 °C
- MW03, óxido de tungsteno tratamiento térmico a 900 °C
- Ag, plata
- Na₂WO₄·2H₂O, tungstato de sodio dihidratado

Introducción

El rápido aumento en la degradación de los ecosistemas y el crecimiento demográfico han contribuido en las emisiones de gases contaminantes que alteran la atmósfera y ocasionan problemas graves de salud. El detectar oportunamente estos gases contribuiría a mitigar la exposición a altas concentraciones (Kondratev *et al.*, 2021). El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero que se encuentra de manera natural en el ambiente, sin embargo, sus emisiones han sido alteradas por la actividad humana (Zilio, 2008). Este gas se clasifica dentro de los principales contaminantes de la atmósfera y la troposfera. En concentraciones menores a las 1,000 ppm se considera inofensivo, la exposición prolongada a concentraciones mayores a 5,000 ppm provoca fatiga y finalmente en concentraciones mayores a 20,000 ppm afecta directamente el sistema respiratorio (Jaballah *et al.*, 2020).

Los principales tipos de sensores de gas son los resistivos, catalíticos, ópticos y electroquímicos (Lin *et al.*, 2019). Los gases se detectan en función de sus propiedades químicas, los más comunes tienen un mecanismo de

detección que se relaciona con el intercambio de electrones generado por la reacción de oxidación-reducción entre los electrones de la superficie del material y el gas (Xuan *et al.*, 2020). La capa de detección determina la sensibilidad y la selectividad, por lo que el material y la estructura son importantes para el rendimiento (Devkota *et al.*, 2017). Para la fabricación de sensores de gases se han empleado diferentes tipos de materiales, entre los cuales destacan los semiconductores óxido metálicos que son materiales inorgánicos que se caracterizan por su bajo costo, fácil mantenimiento, así como su buena estabilidad química y térmica (Constantinoiu y Viespe, 2020).

Los semiconductores óxido metálicos interactúan con gases oxidantes y reductores a través de quimisorción o reacción redox. Estos son sensores quimi-resistivos detectan gases por el proceso de interacción sólido-gas. Las moléculas de gas se difunden en los poros de la película del sensor y reaccionan con las especies de oxígeno adsorbidas en la superficie interna de los mismos (Wang *et al.*, 2021).

Sensores de gas

En los últimos años, los sensores de gases se han integrado a nivel industrial, donde se utilizan para el análisis de alimentos para predecir la frescura de ciertos tipos de carne, en la detención del aire para analizar la concentración de ozono en el aire, así como la calidad del aire. Además de usarlos para la vigilancia de riesgos, esto incluye la detección de explosiones y gases, alerta de incendios, entre otros (Feng *et al.*, 2019).

Los sensores de gas permiten recolectar información sobre las moléculas de gas y transformarla en señales eléctricas (Wang *et al.*, 2021). Se basa en el cambio de resistencia de una capa de detección tras la adsorción y reacción con las moléculas de gas (Li *et al.*, 2019). La adsorción es un proceso fisicoquímico. En la parte física ocurre una combinación de las partículas de la superficie debido a las fuerzas de Van der Waals. Por otro lado, en el paso químico, se tiene un intercambio de electrones entre el gas adsorbido y la superficie del semiconductor (Yang *et al.*, 2021).

Su mecanismo se basa en la detección de gases por el cambio de resistencia que ocurre después de la exposición con el gas objetivo, esto ocurre por las interacciones químicas entre las moléculas del gas objetivo y los iones de oxígeno adsorbidos en la superficie (Li *et al.*, 2019). La detención del gas objetivo sigue la siguiente secuencia: pre-adhesión del oxígeno a la superficie del sensor, adsorción de las moléculas del gas objetivo, reacción entre las moléculas de gas adsorbidas y oxígeno que ocasiona un cambio en la conductividad de la superficie y finalmente se tiene la desorción de las moléculas de gas reactivas (Yang *et al.*, 2021).

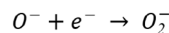
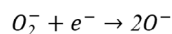
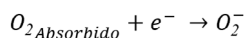
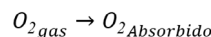
Sensores de gas basados en semiconductores óxido metálicos

Los sensores basados en semiconductores óxido metálicos utilizan la resistencia que mide la interacción entre los electrones de la superficie del sensor y el oxígeno quimi-sorbido (Yang *et al.*, 2021). Se divide en dos tipos: el *n* y *p*. Dentro del tipo *n* están el ZnO, SnO₂, WO₃, en este caso los electrones actúan como portadores de carga. En el caso del tipo *p* como CuO y NiO, los agujeros son los portadores de carga (Wang *et al.*, 2021). Para el futuro se espera que estos sean modificados con el uso de metales nobles, iones metálicos y materiales de carbono, además de que al modificar su microestructura con nanomateriales se aumentaría el rendimiento del sensor (Li *et al.*, 2019).

El concepto de *banding* energético expone que el mecanismo de detección de gases ocurre cuando la superficie de un óxido metálico absorbe moléculas de oxígeno del ambiente, liberando electrones de la banda de conducción del óxido metálico. Las principales especies que se forman son O_2^- , O^- y O^{2-} , la formación de estas especies varía acorde

a la temperatura en la cual se esté operando (Wang *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2021).

La cinética de adsorción se describe por la siguiente expresión:



Los semiconductores óxido metálico se clasifican en el tipo *n* y tipo *p*. Los portadores de carga para el tipo *n* son los electrones. La intención entre el semiconductor óxido metálico y las especies iónicas de oxígeno provocan una disminución de la conductividad al exponerse al aire. Los semiconductores de tipo *p* tienen como portadores a los huecos, los cuales generan un aumento en la conductividad. Si se combinan semiconductores óxido metálicos de tipo *n* y *p* se obtiene una heterounión, la cual tiene la capacidad de mejorar la sensibilidad de los sensores (Lin *et al.*, 2019).

El problema de la calidad del aire en Puebla

La calima es un fenómeno meteorológico que se produce en la atmósfera, la cual se caracteriza por la presencia de partículas principalmente de aluminosilicatos (óxido de aluminio y silice), silicatos (mica, caolinita, cuarzo y plagioclasa) y por carbonatos (calcita y dolomita) con tamaños de partícula muy pequeños (<15 µm), trazas de metales derivados de la industria (Zn, Cu, Cr, Ni, por ejemplo); además de hongos y bacterias provenientes del medio ambiente que generan un ambiente turbio y poco propicio para la salud humana. El 14 de mayo de 2019, después de que las estaciones de monitoreo de la calidad del aire alcanzaran los 166 puntos de nivel de contaminación, las autoridades poblanas emitieron una alerta con la finalidad de mitigar las consecuencias de la contingencia ambiental en la zona metropolitana. La estación ubicada en el Parque de las Ninfas registró 152 puntos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) que de acuerdo con el Sistema Nacional de Calidad del Aire (SINAICA) significaba un aumento considerable de las emisiones de gases tóxicos como NO₂ (dióxido de nitrógeno), SO₂ (dióxido de azufre), CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), O₃ (ozono), COVs (compuestos orgánicos volátiles), NH₃ (amoníaco) así como partículas iguales o menores a 10 y 25 µm denominadas PM₁₀ y PM_{2.5} (Cruz Cortes, 2022; Vega, 2019).

El gobierno determinó que la contingencia fue ocasionada por las emisiones del volcán Popocatepetl, los incendios forestales y el clima, sin embargo, se desconoce el nivel

de contaminación de Puebla debido a que el monitoreo de algunas estaciones funciona parcialmente (Vega, 2019). En consecuencia, se requiere del estudio de nuevos materiales que muestren una alternativa tanto económica como funcional para tener estaciones de monitoreo que permitan tener un mayor número de datos y así poder determinar las acciones a seguir.

Materiales y métodos

La Tabla 1 muestra la lista de reactivos empleados en la síntesis de los materiales que se utilizaron como sensores y para el depósito de películas. En la Tabla 1 se muestran los reactivos utilizados para la preparación del óxido semiconductor propuesto.

Tabla 1 Reactivos utilizados en el proceso experimental

Reactivo	Fórmula Química	Pureza (%)	Marca
Tungstato de sodio dihidratado	$\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	99.0	Sigma Aldrich
Cloruro de Sodio Granular	NaCl	99.0	Macron Chemicals
Ácido clorhídrico	HCl	36.5-38	J. T. Baker
Pentanol	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	99.0	A.C.S

La fuente de W a utilizar fue el $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y el HCl favoreció la protonación de la reacción; en el caso del pentanol fue el reactivo a utilizar para dispersar el WO_3 una vez obtenido y depositarlo en sustratos de vidrio mediante la técnica de Dr. Blade

Síntesis del WO_3

La síntesis del WO_3 se realizó mediante el método de química húmeda acoplada a radiación ultrasónica para favorecer la obtención de un material homogéneo y de escala nanométrica. A continuación se describe de manera general los pasos que se siguieron para la obtención de los sensores de WO_3

- Preparación de una disolución 0.1 M de $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Adición de 0.05 g de NaCl
- Adición de 5 ml de HCl a la disolución por goteo
- La disolución se mantuvo en agitación ultrasónica durante 30 minutos a temperatura constante entre 80-90 °C durante 1 hora
- La disolución se dejó en reposo durante 24 horas
- Se lavaron los precursores con agua desionizada
- Para separar el sólido obtenido se procedió a centrifugar a 10,000 rpm

- Finalmente el polvo obtenido se secó en horno a 100 °C durante 1 h y se procedió a un tratamiento térmico a 400, 600 y 900 °C respectivamente.

La Tabla 2 muestra la nomenclatura de los sensores de WO_3 preparados:

Tabla 2 Temperaturas de tratamiento térmico

Muestra	Temperatura
MW01	400 °C
MW02	600 °C
MW03	900 °C

Caracterización

Se realizó la caracterización estructural utilizando el difractómetro D8-Bruker para la identificación de fases cristalinas en un intervalo de 20-90 grados de 2θ , usando una longitud de onda de 1.5406 Å. De acuerdo a la base de datos PDF+4 se identificaron las fases monoclinica, triclinica y ortogonal en diferentes proporciones en cada una de las muestras. La Tabla 3 muestra las fases que se obtuvieron para cada sensor en función de la temperatura. Los resultados indican que la temperatura es un factor que determina la fase cristalina del WO_3 .

Tabla 3. Fases cristalinas de sensores de WO_3

Muestra	Fase Cristalina
MW01	Monoclinica Triclinica
MW02	Monoclinica
MW03	Monoclinica

Preparación de películas de WO_3

Para realizar el depósito de películas se cortaron sustratos de vidrio con dimensiones de 4 cm² de área aproximadamente, los cuales se lavaron siguiendo la siguiente metodología:

- Agitación ultrasónica con Dextran por 10 minutos.
- Agitación ultrasónica con agua desionizada por 10 minutos.
- Finalmente se enjuagaron con metanol y se secaron con una pistola de aire.

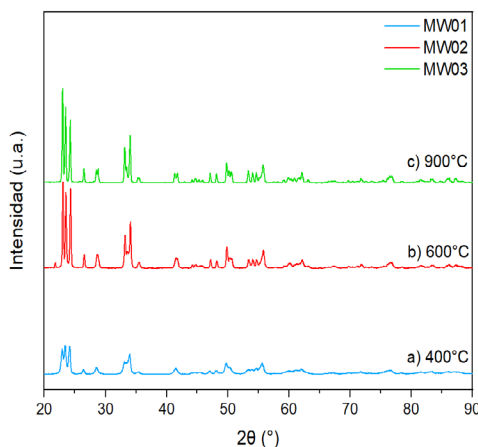
Las películas se realizaron mediante la técnica de doctor Blade debido a que permite formar películas con espesores definidos. Se utilizaron 200 µg de muestra en 1 ml de pentanol, obteniendo una disolución semi-viscosa. Se utilizaron 20 µl sobre el sustrato de vidrio previamente lavado, posteriormente con ayuda del equipo de doctor Blade se formó la película de cada uno de los materiales.

Posterior a la creación de la película, el sustrato se colocó sobre una parrilla a 150 °C con la finalidad de eliminar el disolvente utilizado. Finalmente, se colocaron dos contactos de plata (Ag) sobre la película y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Resultados/ Discusión de resultados

Los resultados del sensado obtenidos se relacionaron al tipo de estructura cristalina obtenida por difracción de rayos - X (DRX). La Figura 1 muestra los patrones de difracción de los sensores sintetizados, obteniendo principalmente la estructura monoclinica respecto a la triclinica. La estabilidad de la fase monoclinica permitió sugerir que la respuesta de sensado será óptima.

Figura 1. Difracción de rayos - X MW01, MW02 y MW03



Se realizó la detección de CO₂ en un sistema propio, obteniendo los valores del cambio de resistencia. Los datos se analizaron y se realizaron los gráficos correspondientes a cada sensor con la finalidad de estudiar el comportamiento dependiendo del efecto de la temperatura. El software Origin permitió analizar datos y generar gráficos de las características dinámicas, la respuesta de sensado y de tiempo de respuesta vs. recuperación.

Las gráficas de respuesta de sensado permiten identificar que a mayor concentración del gas objetivo se tiene una mayor respuesta de sensado. Esta se basa en la

interacción entre el gas objetivo y las especies de oxígeno adsorbido. Este es un proceso de adsorción – difusión – desorción, y la capacidad de difusión afecta el rendimiento de la detección del gas (Lin *et al.*, 2019). La Figura 2 muestra el efecto de la respuesta de sensado de cada uno de los sensores de WO₃ obtenidos a 400, 600 y 900 °C.

Para calcular los valores de la respuesta de sensado se empleó la siguiente ecuación:

$$S = \frac{R_g - R_o}{R_g} * 100 = \frac{\Delta R}{R_g} * 100$$

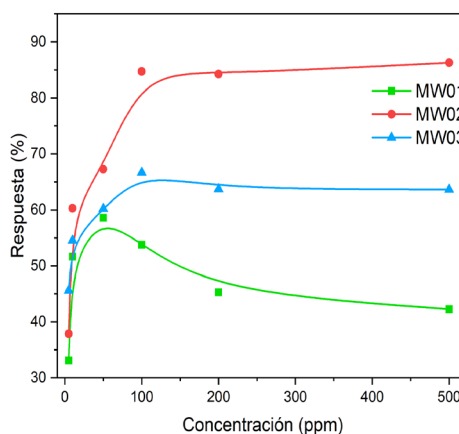
Donde:

S: respuesta de sensado

R_g: Resistencia más alta

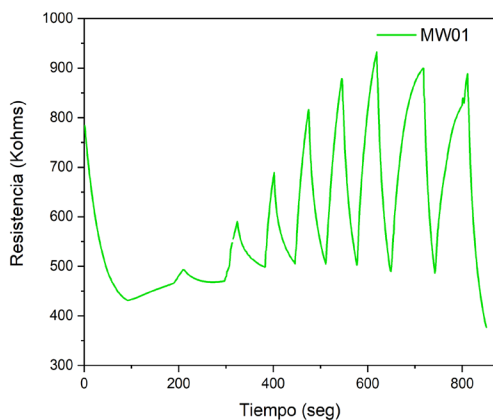
R_o: Resistencia al inicio

Figura 2. Respuesta de sensado de sensores de WO₃



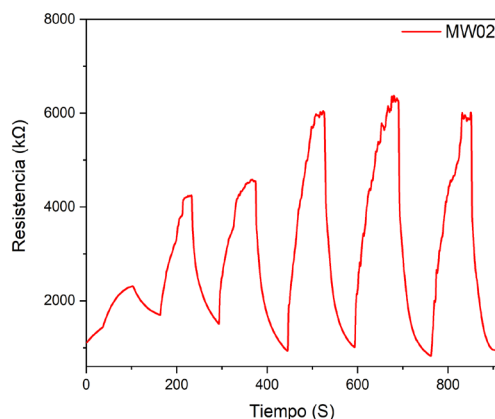
Con base en la Figura 2, se observa que el sensor MW02 tuvo la mejor respuesta. Esta muestra recibió tratamiento térmico a 600 °C. La siguiente fue la muestra MW03, la cual recibió un recocido a 900 °C. Adicionalmente, la MW01, que recibió tratamiento térmico a 400 °C, fue el sensor que presentó el rendimiento más bajo.

Las gráficas de características dinámicas de los sensores permiten cuantificar el tiempo desde que ingresó el gas a la cámara de sensor hasta obtener el 90 % de la respuesta del sensor (Figura 3).

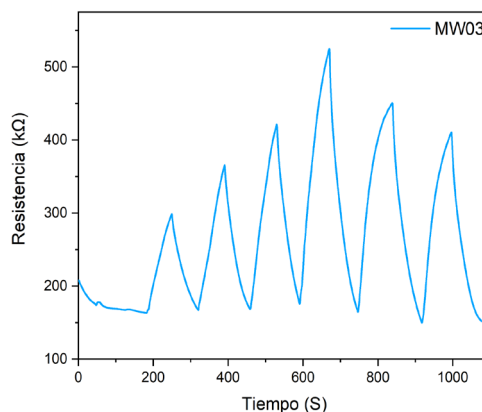
Figura 3. Características dinámicas MW01

La Figura 3 muestra que el sensor requirió de mayor tiempo para estabilizarse debido a que se requiere que se caliente la película para así obtener un mejor sensado. Conforme este llegó al equilibrio se observó que la recuperación del sensado y la respuesta comenzaba a estar en equilibrio. Las variaciones que existieron al inicio del sensado afectaron considerablemente la evaluación de la respuesta.

La Figura 4 muestra las características dinámicas de la película MW02 que presentó una mejor respuesta de sensado. Este sensor logró una respuesta del sensado del 80 %, adicionalmente se observó que los puntos de recuperación alcanzaron aproximadamente el mismo nivel.

Figura 4. Características dinámicas MW02

La Figura 5 muestra las características dinámicas de la muestra MW03 que presentó una buena respuesta de sensado del 60 % aproximadamente.

Figura 5. Características dinámicas MW03

Con base en los resultados se evaluó la capacidad de los sensores para detectar CO_2 a 200°C . El sensor MW01 presentó inconsistencias debido a que la respuesta del sensor tuvo una caída en las mediciones conforme las concentraciones aumentaban.

En la evaluación de la muestra MW02, la película mostraba uniformidad, sin embargo, presentó problemas de adherencia que se manifestaron durante el sensado. La Figura 1 de la respuesta del sensado indica que esta síntesis presentó mayor sensibilidad, además de que tenía un aumento constante conforme al aumento de la concentración. Estos resultados se correlacionaron a la fase cristalina presente en la muestra, sin embargo, es necesario trabajar para mejorar la adherencia y mejorar el sensado de los materiales.

La evaluación de la muestra MW03 presentó inconsistencias debido a que tuvo problemas de solubilidad, por lo que las películas se observan con poca uniformidad, pero con una adherencia constante. El sensado de esta muestra fue alrededor del 50 %, sin embargo, no presentó caídas drásticas como se observó en la muestra MW02.

Conclusiones

En conclusión, la contaminación del aire por la presencia de dióxido de carbono es un tema de vital importancia debido a que este gas es uno de los principales causantes del calentamiento global. Durante los últimos años se han realizado acuerdos internacionales con la finalidad de disminuir estas emisiones, por lo que un sensor que permita detectar gases tóxicos contribuiría a la verificación de los límites recomendables para evitar problemas de salud en la población.

El decreto de la primera Contingencia Ambiental de Puebla en 2019 fue una señal de alerta para tener un correcto monitoreo de la calidad del aire y así salvaguardar la integridad de la población del estado de Puebla. Los

sensores de gases basados en semiconductores óxidos metálicos miden gases en función al cambio de resistencia tras la exposición del gas objetivo. Estos se seleccionaron debido a su estabilidad térmica y química. Los sensores basados en semiconductores óxido metálicos aún son un tema de estudio debido a que, al modificar aspectos como su estructura, así como la adición de otros compuestos, por ejemplo, nanoestructuras o el dopaje del sensor, permitirán maximizar las capacidades de estos sensores.

El análisis de estos dispositivos a futuro permitirá tener sensores portátiles o de fácil acceso para realizar un constante monitoreo del aire, ya sea en el ambiente o en espacios cerrados, esto con la finalidad de salvaguardar la salud de la población en general. Los óxidos semiconductores preparados en este trabajo permitieron evaluar su calidad en función de sus propiedades estructurales y su efecto sobre el sensado de CO₂.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Una de las líneas que se apertura en el cuerpo académico es la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) denominada «Sensores para aplicaciones biomédicas, ambientales y electrónicas». Como trabajo futuro se propone realizar el dopaje con elementos de la serie de transición y lantánidos para analizar sus propiedades estructurales y ópticas, así como explorar sus posibles aplicaciones que van desde sensores hasta dispositivos optoelectrónicos para la generación de luz solar.

Agradecimientos

A la Dra. María Josefina Robles Águila, por aceptar guiarme durante esta estancia académica que me permitió explorar nuevas áreas de conocimiento. Gracias por inspirarme a continuar en el camino de la investigación científica.

Al Mtro. Marino Conde Guevara, Mtra. Ana Karen Sánchez Hernández y Mtro. José Javier Ruiz Soto por compartirme su tiempo y conocimiento para el desarrollo de este trabajo durante mi formación profesional.

Al Posgrado en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias bibliográficas

- Constantinoiu, I., & Viespe, C. (2020). ZnO metal oxide semiconductor in surface acoustic wave sensors: A review. *Sensors (Switzerland)*, 20(18), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s20185118>
- Cruz Cortes, D. (2022, 30 marzo). Urge regular la calidad del aire en Puebla capital: especialista. *El Sol de Puebla | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Puebla y el Mundo*. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/urde-regu-lar-la-calidad-del-aire-en-puebla-capital-especialista-8067052.html>
- Devkota, J., Ohodnicki, P. R., & Greve, D. W. (2017). SAW sensors for chemical vapors and gases. *Sensors (Switzerland)*, 17(4), 13–15. <https://doi.org/10.3390/s17040801>
- Feng, S., Farha, F., Li, Q., Wan, Y., Xu, Y., Zhang, T., & Ning, H. (2019). Review on smart gas sensing technology. *Sensors (Switzerland)*, 19(17), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s19173760>
- Jaballah, S., Dahman, H., Mir, L. El, Neri, G., & Donato, N. (2020). CO and CO₂ sensing by Al-Mg-ZnO based conductometric sensor. *IEEE Medical Measurements and Applications, MeMeA 2020 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/MeMeA49120.2020.9137285>
- Kondratyev, V. M., Bolshakov, A. D., & Nalimova, S. S. (2021). Technologically Feasible ZnO Nanostructures for Carbon Monoxide Gas Sensing. *Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021*, p. 1163–1166. <https://doi.org/10.1109/ElConRus51938.2021.9396573>
- Li, Z., Li, H., Wu, Z., Wang, M., Luo, J., Torun, H., Hu, P., Yang, C., Grundmann, M., Liu, X., & Fu, Y. (2019). Advances in designs and mechanisms of semiconducting metal oxide nanostructures for high-precision gas sensors operated at room temperature. *Materials Horizons*, 6(3), p. 470–506. <https://doi.org/10.1039/c8mh01365a>
- Lin, T., Lv, X., Hu, Z., Xu, A., & Feng, C. (2019). Semiconductor metal oxides as chemoresistive sensors for detecting volatile organic compounds. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 19, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/s19020233>
- Vega, R. (2019, 14 mayo). Crisis ambiental por mala calidad del aire en Puebla. *INCIDENCIA*. <http://incidencia.com.mx/crisis-ambiental-por-mala-calidad-del-aire-en-puebla/>
- Wang, G., Yang, S., Cao, L., Jin, P., Zeng, X., Zhang, X., & Wei, J. (2021). Engineering mesoporous semiconducting metal oxides from metal-organic frameworks for gas sensing. *Coordination Chemistry Reviews*, 445, 214086. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214086>
- Xuan, J., Zhao, G., Sun, M., Jia, F., Wang, X., Zhou, T., Yin, G., & Liu, B. (2020). Low-temperature operating ZnO-based NO₂ sensors: A review. *RSC Advances*, 10(65), p. 39786–39807. <https://doi.org/10.1039/d0ra07328h>
- Yang, D., Gopal, R. A., Lkhagva, T., & Choi, D. (2021). Metal-oxide gas sensors for exhaled-breath analysis: A review. *Measurement Science and Technology*, 32(10). <https://doi.org/10.1088/1361-6501/acc03e3>
- Zilio, M. I. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en América latina Un aporte al estudio. *Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal*, XIV, 133–161. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=51002207>



Biología y Química

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

El camino al descubrimiento de una nueva especie de serpiente mexicana

^aMaldonado Bustamante María Fernanda*, ^bHernández Jiménez Carlos Alberto y ^cFlores Villela Oscar Alberto

^{ab} Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Ave. San Claudio s/n, Edif. 112, C.P.72570, Puebla, Puebla.

^{bc} Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México C.P.04510, Ciudad de México, México.

*mfbustamante7@gmail.com

Resumen

Desde su descripción en 1860, el género de serpientes *Salvadora*, ha sufrido diversas modificaciones, lo que refleja una complicada historia taxonómica. Actualmente, el género cuenta con 12 especies descritas, dentro de las cuales se encuentra *Salvadora bairdi*, especie endémica de México conocida comúnmente como «culebra chata» por su característica escama rostral agrandada. Presenta una amplia distribución a lo largo de distintos gradientes altitudinales y tipos de vegetación, abarcando parte del norte y centro del país, incluyendo al estado de Puebla, contando con gran cantidad de registros. Se considera la especie con mayor variación dentro del género, es por esto que el presente trabajo tiene como objetivo analizar

la variación al interior de esta especie y aclarar los límites de la misma. Para esto se revisaron un total de 68 características morfológicas de más de 80 ejemplares a lo largo de la distribución conocida, pertenecientes a colecciones nacionales y extranjeras, colectas propias en campo, además de secuencias de ADN mitocondrial, estadísticos descriptivos y análisis por ecorregiones. Los resultados sugieren que las poblaciones de estados de la región norte de México, se trata de un taxón independiente mientras que *Salvadora bairdi* quedaría restringida a la zona centro del país.

Palabras clave: Colubriade, taxonomía, filogenia, especie

Abstract

Since the description in 1860, the *Salvadora* snake genus has undergone various modifications, reflecting a complicated taxonomic history. Currently the genus has 12 described species, among which is *Salvadora bairdi*, a species endemic to Mexico commonly known as «culebra chata» due to its characteristic enlarged rostral scale. It has a wide distribution along different elevational gradients and types of vegetation covering part of the north and center of the country, including the state of Puebla, with a large number of records. It is considered the species with the greatest variation within the genus, which is why this work aims to analyze the variation within this species and clarify the limits of it.

For this, a total of 68 morphological characteristics of more than 80 specimens throughout the known distribution were reviewed, belonging to 12 national and foreign collections, own collections in the field, in addition to nuclear and mitochondrial DNA sequences, descriptive statistics and analysis by ecoregions. The results suggest that the populations of the states of the northern region of Mexico are a new species. While *Salvadora bairdi* would be restricted to the central zone of the country.

Keywords: Colubridae, taxonomy, phylogeny, species

Glosario de abreviaturas y símbolos

- ADN, Ácido Desoxirribonucleico
- AMNH, American Museum of Natural History
- CAS, California Academy of Sciences
- CHUM, Colección Herpetológica de la Universidad Michoacana
- FMNH, Field Museum of Natural History
- KU, University of Kansas Biodiversity Institute
- MZFC, Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias
- OTU, Unidad taxonómica terminal
- TCWC, Texas A&M University Biodiversity Research and Teaching Collections
- UIMNH, University of Illinois Museum of Natural History
- UMMZ, University of Michigan Museum of Zoology
- UTA, University of Texas at Arlington

Introducción

Las serpientes «nariz de parche» del género *Salvadora*, comprenden un grupo relativamente pequeño, caracterizado por un desarrollo pronunciado de la escama rostral (Bogert, 1939a). Están incluidas en la superfamilia Colubroidea, la cual incluye la mayoría de las especies de serpientes (>2500 especies) (Pyron *et al.* 2011).

El género *Salvadora* fue descrito en 1853 por Baird y Girard, con la especie *Salvadora grahamiae* (Bogert, 1939a), la segunda especie descrita fue *Salvadora bairdi* por Jan (1860), la cual ha sufrido de varias modificaciones a lo largo de la historia. Esta especie es la que más varía en patrones de escamación y coloración. De acuerdo a la última actualización del género de Hernández *et al.* (2021), algunos individuos del norte de Sinaloa, sur de Sonora y Chihuahua presentan una serie de manchas o parches transversales en el primer tercio del cuerpo, que no presentan ejemplares del centro del país, información revelada por la revisión de ejemplares de colecciones científicas y de colectas en el estado de Puebla.

El papel de la sistemática en la diversidad

De acuerdo a Wiens (2007), se puede considerar que la sistemática tiene dos objetivos principales: (1) descubrir especies y, (2) determinar las relaciones filogenéticas de estas.

De Queiroz (2005) menciona que los conceptos contemporáneos de especies son diversos, no obstante, todos comparten el principio fundamental, la idea de que las especies son segmentos de linajes a nivel poblacional de organización biológica. Propone un concepto unificador en el cual, las diversas propiedades secundarias son vistas como líneas de evidencia relevante para evaluar la separación de linajes o como propiedades que definen diferentes subcategorías de la categoría especie. Un ejemplo, es la distribución geográfica, la cual, de acuerdo a Morrone (2013), puede ser útil para clarificar problemas sistemáticos y para formular y contrastar hipótesis de especiación, ya que estos patrones podrían ayudarnos a discernir si nos encontramos, por ejemplo, con especies endémicas.

Esto nos indica que debemos contar con líneas de evidencia diversas para poder encontrar una resolución a nuestro cuestionamiento sobre la diversidad y límites de especies. Una línea principal es la morfología, Morrone

(2013), señala que dado que su evaluación, usualmente implica un grado importante de subjetividad, se han hecho importantes esfuerzos para la estandarización o la descripción automatizada. Sumado al avance en los análisis moleculares que permiten analizar el material genético e incluirlo como parte importante de los métodos en la sistémica moderna.

Con el objetivo de delimitar el número de especies incluidas dentro de las poblaciones de *Salvadora bairdi* se realizaron análisis con base en evidencia morfológica, molecular y geográfica desde la perspectiva filogenética. Los resultados brindarán conocimiento acerca de la diversidad de especies del país y permitirá analizar en específico las poblaciones dentro del estado de Puebla y la variación entre éstas.

Materiales y métodos

Para el análisis de la morfología, se utilizaron 85 ejemplares de *Salvadora bairdi* obtenidos a partir de colectas en campo, ejemplares preservados e imágenes digitales de ejemplares de diferentes colecciones científicas mexicanas y del extranjero (AMNH, CAS, CHUM, FMNH, KU, MZFC, TCWC, UIMNH, UMMZ, UTA) a partir de ellos se realizó una revisión detallada de 68 caracteres cualitativos y cuantitativos, morfométricos, de escamación y coloración. Para el caso de los caracteres morfométricos se utilizaron las imágenes digitalizadas de los ejemplares preservados, las mediciones se realizaron con el programa ImageJ (Versión 1.8.0), mientras que, para ejemplares físicos, se utilizó cinta métrica y vernier (Mitutoyo 505-681); además, un microscopio estereoscópico (Velab VE-S1) para su examinación.

De manera adicional se utilizaron los datos morfológicos de 325 ejemplares de la revisión del género (Hernández *et al*, 2021), correspondientes a las especies restantes del género *Salvadora*. y a los taxones utilizados como grupo externo *Coluber mentovarius*, *Drymarchon*

melanurus, *Drymobius margaritiferus*, *Leptophis mexicanus* y *Leptodrymus pulcherrimus*.

Los caracteres y estados de carácter obtenidos de la revisión morfológica, fueron vaciados en una base de datos en el programa Excel (2016) con los cuales se realizó el proceso de codificación de caracteres a través del programa Fast Morphology 1.0 (Chang y Smith, 2001) para su posterior análisis filogenético. De manera complementaria se utilizaron 25 secuencias de un fragmento del gen mitocondrial ND4 obtenidas a partir de tejidos de ejemplares que fueron amplificadas y secuenciadas.

Los ejemplares revisados y sus secuencias fueron divididos en Unidades taxonómicas Operativas (OTUS), con base a la ecorregión que ocupan espacialmente. El análisis se elaboró con una matriz de datos combinada (morfología + DNA) que fue analizada mediante el criterio de máxima parsimonia a través de una búsqueda heurística y el posterior cálculo de valores de Bootstrap como medida de soporte de ramas en el programa PAUP 4.0a169 (Swofford y Bell, 2017).

Se utilizaron estadísticos para evaluar diferencias entre especies respecto a caracteres merísticos, se realizaron análisis de varianza univariados (ANOVA) y análisis de componentes principales (PCA).

Con los datos de colecta geo-posicionados y depurados, se construyó un mapa de distribución con el programa Quantum GIS 3.4 (2018). Además de un estudio por ecorregiones terrestres de acuerdo a la clasificación de la CEC North American Atlas (2021).



Figura 1. Se observan las diferencias entre los patrones de descamación y coloración entre los ejemplares de la zona norte y la zona centro

Resultados/ Discusión de resultados

Revisión morfológica

Se encontraron diferencias en los estados de carácter entre los ejemplares de la zona norte y zona centro (Figura 1). Por un lado la escama prenasal separada de la segunda escama supralabial en zona centro, mientras que en la zona norte se encuentra separada, en cuanto a coloración, la línea lateral se presenta continua o con manchas bien marcadas en ejemplares de la zona centro en los tres tercios del cuerpo, mientras que en los de la zona norte se presentan manchas de color oscuro entre las líneas laterales y dorsolaterales a lo largo del primer y segundo tercio del cuerpo, evitando la continuidad de las líneas laterales y dorsolaterales, fusionándose en algunas partes.

La característica de la escama prenasal en contacto con la segunda supralabial, fue considerada por Smith (1938) para separarla de otra especie, *S. grahamiae*, Hardy y McDiarmid (1969) la identifican en ejemplares de Sinaloa, pero no fue considerada de importancia. De acuerdo a las observaciones que se realizaron en el presente proyecto, esta característica es constante en todos los ejemplares, por lo que la consideramos una condición relevante que separa claramente a las poblaciones del norte.

Otra característica sobresaliente fue el porcentaje de la cola respecto al cuerpo. En ejemplares del norte fue mayor al 28 %, mientras que en ejemplares del centro el porcentaje es menor. De acuerdo al resultado del análisis ANOVA (Figura 2) presenta un valor significativo. En cuanto al resultado de PCA con caracteres merísticos, se genera una agrupación de los ejemplares de la zona norte, tal como se observa en la Figura 3.

Figura 2. ANOVA correspondiente al porcentaje de la cola respecto a la longitud total del cuerpo ($F = 45.26$ $P = 3.90E-09$)

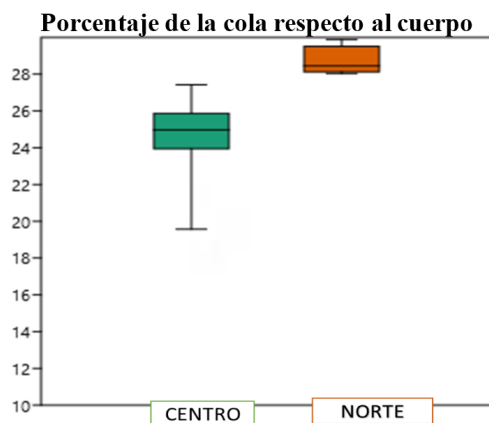
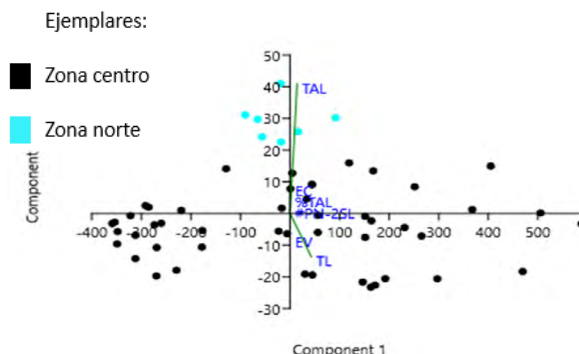


Figura 3. PCA de caracteres merísticos, TAL (longitud de la cola) EC (escamas caudales), EV (Escamas ventrales) %TAL (% de la cola) #PN-2SL (número de prenasales en contacto con la segunda supralabial), TL (longitud total).



Distribución y Ecorregiones

En la Figura 5 se presenta la distribución de los 85 ejemplares revisados. De acuerdo a las ecorregiones nivel II de CEC North American Atlas (Commission For Environmental Cooperation, 2021), se distribuyen en 11 de ellas, de las cuales, 3 son exclusivas a zona norte y 7 a zona centro.

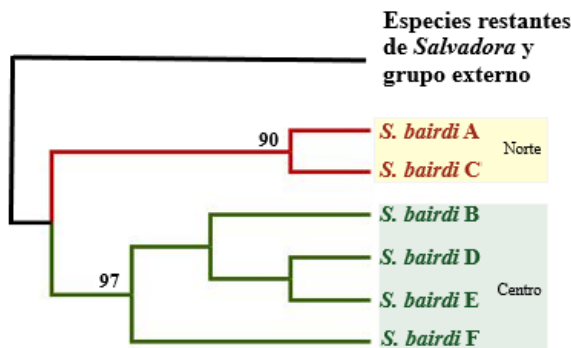
Como menciona Morrone (2013), las propiedades geográficas pueden ser útiles para clarificar problemas sistemáticos, en este caso, esta propiedad secundaria revela información sobre los límites de las poblaciones de serpientes.

Análisis filogenético

Del análisis filogenético combinado, usando datos morfológicos y el fragmento secuenciado del gen ND4, se obtuvieron un total de cuatro árboles, de los cuales se obtuvo un árbol de consenso.

El género *Salvadora* aparece como un grupo monofilético, y al interior se puede observar que las OTUS *Salvadora bairdi* A y C correspondientes a ejemplares de la zona norte se encuentran en un clado separadas de las OTUS de *Salvadora bairdi* B, D, E y F, pertenecientes a la zona centro, con altos valores de soporte de ramas. En la Figura 4, se observa parte del árbol obtenido donde se pueden apreciar las OTUS correspondientes a las poblaciones de *Salvadora bairdi* del norte y del sur respectivamente.

Figura 4. Árbol de consenso obtenido a partir de la búsqueda heurística bajo criterio de parsimonia.



Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de la evidencia morfológica y molecular sugieren que las poblaciones de *Salvadora bairdi* de la parte norte de su distribución puede tratarse de una especie nueva, que se diferencia de las poblaciones del centro, y que cuenta con varios caracteres morfológicos que respaldan esta hipótesis.

Sin embargo, es importante mencionar que hace falta un muestreo más extensivo para obtener más muestras de tejidos de ejemplares pertenecientes al estado de

Puebla, Chihuahua, Guanajuato y Michoacán, que deben ser procesadas y agregadas al análisis para abarcar el total de la distribución conocida, así como secuencias de otras regiones del genoma para brindar una mayor robustez a la hipótesis filogenética obtenida y a la delimitación de especies.

El resultado de este trabajo genera un aporte valioso al conocimiento de la diversidad de nuestro país, ya que a pesar de ser el país que cuenta con mayor diversidad de serpientes, aún no se ha resuelto la historia taxonómica de muchos grupos, o no ha sido actualizada sobre la base de nuevos métodos, en los que la evidencia molecular ha tomado gran relevancia. Como se demuestra en este trabajo, la morfología sigue siendo importante y arroja datos con valor filogenético. Una vez delimitadas con claridad las especies al interior de este complejo se puede estudiar a detalle cualquier otra característica de su biología, historia natural y hasta reevaluar su estatus de conservación con mayor certeza.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Trabajo con poblaciones de *S. bairdi* de Puebla y el centro para analizar la variación interna.

Trabajo con las poblaciones del norte y el centro de *S. bairdi* para obtener información de su ecología, ya que se carece de información al respecto.

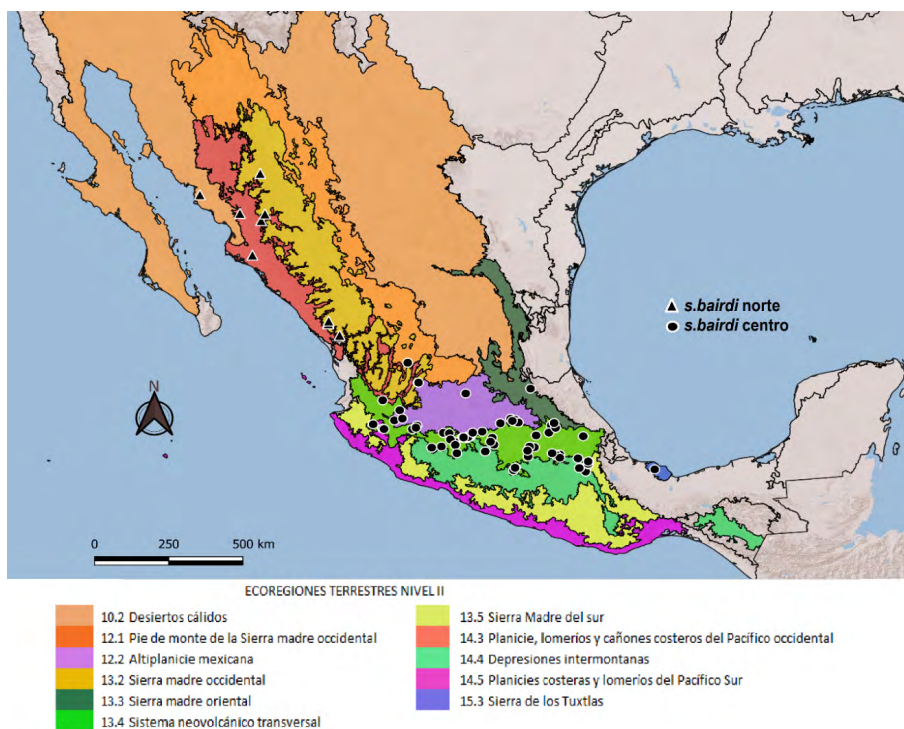


Figura 5. Ecoregiones terrestres nivel II de la distribución de *Salvadora bairdi*

Trabajo con otras especies de reptiles, cuya taxonomía no ha tenido actualización reciente, puesto que los nuevos métodos podrían revelar posibles nuevas especies.

Agradecimientos

A los curadores de las colecciones científicas en especial al Dr. Jonathan Campbell, por permitirnos el acceso y obtener datos de: CAS, CM, FMNH, KU, MMC, MZFC, TCWC, UIMNH, UMMZ, UTA, MZFC. INIRENA por el acceso a la Colección Herpetológica (CHUM); David Kizirian y Lauren Vonnahme del AMNH por su apoyo con ejemplares. Por su apoyo en campo al Municipio de Acámbaro, Guanajuato, Raúl Hernández Arciaga, Adriana Romero, Edgar Cabrera Acatitla y fotografías de ejemplares por Israel Solano Zavaleta.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, A. (2016). *Relaciones filogenéticas de las serpientes del género *Salvadora* con base en caracteres morfológicos*. (Tesis de licenciatura no publicada). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla.
- Bogert, C. M. (1939a). A study of the Genus *Salvadora*, the Patch-nosed Snakes. *University of California Press*, 1 (1), 177-236.
- Commission For Environmental Cooperation. (2021). *CEC North American Atlas*: Commission for Environmental Cooperation. Recuperado de <http://www.cec.org/files/atlas/?z=6&x=-100.2832&y=21.3610&lang=en&layers=polbounds%2Cterecoreg3&opacities=100%2C100&labels=true>
- Chang, V., y Smith, E. N. (2001). *FastMorphologyGFC Version 1.0*. <http://www3.uta.edu/faculty/ensmith>
- De Queiroz, K. (2005). Species Concepts and Species Delimitation. *Systematic biology*, 56 (6), 879-86.
- Jan, G. (1860). *Iconographie générale des ophiidiens*. Recuperado de <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/4885>
- Hardy, L. M., y McDiarmid, R. W. (1969). The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. *University of Kansas Publ. Museum of Natural History*, 18 (3), 196-198.
- Hernández, C. A., Flores, O., Aguilar, A., y Campbell, J. A. (2021). Phylogenetic relationships based on morphological data and taxonomy of the genus *Salvadora* Baird & Girard, 1853 (Reptilia, Colubridae). *European Journal of Taxonomy*, 764(1), 85-118. doi.org/10.5852/ejt.2021.764.1473
- Morrone, J. J. (2013). *Sistemática, fundamentos, métodos y aplicaciones*. Ciudad de México, México: Prensas de Ciencias.
- Pyron, R. A., Burbrink, F. T., Colli, G. R., de Oca, A. N., Vitt, L. J., Kuczynski, C. A., y Wiens, J. J. (2011). The phylogeny of advanced snakes (Colubroidea), with discovery of a new subfamily and comparison of support methods for likelihood trees. *Molecular phylogenetics and evolution*, 58(2), 329-342.
- Smith, H.M. (1938). Notes of the snakes of the genus *Salvadora*. *The University of Kansas, Science Bulletin*, 25(12): 229-237.
- Swofford, L., y Bell, C. (2017). *PAUP* (* Phylogenetic Analysis Using PAUP)*. Recuperado de <https://paup.phylosolutions.com/>
- Wiens, J. (2007). New Approaches for Discovering Diversity. *Systematic Biology*, 56(6), 875-878. doi:10.1080/10635150701748506

Síntesis, caracterización y evaluación biológica de hidrazonas como potenciales fármacos

^a García Hernández Melisa Guadalupe, ^a Valseca Martínez Paola*, ^{a,b} Pacheco Álvarez Teresa y
^c Mendoza Martínez Ángel Gabriel

^a Universidad Tecnológica de Puebla, Antiguo Camino a La Resurrección 1002 - A Zona Industrial C.P. 72300 Puebla, Pue.

^b Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 18
Sur y Avenida San Claudio San Manuel C.P. 72570 Puebla, Pue.

^c Centro de Química, ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, IC10
Ciudad Universitaria San Manuel C.P. 72570 Puebla, Pue.

* utp0145036@alumno.utpuebla.edu.mx

Resumen

Las hidrazonas son compuestos de gran interés debido a su amplia actividad biológica que va desde inhibir el crecimiento de diferentes microorganismos, hasta erradicar algunos tipos de células cancerosas. De esta forma, su obtención y posterior evaluación resulta relevante para tener más compuestos al alcance como potenciales fármacos, tal como la OMS lo ha señalado en varias ocasiones, ya que la resistencia a los antibióticos se vuelve un problema de salud preocupante para la sociedad porque se están acabando las alternativas y el cáncer es una de las principales causas de muerte en el mundo. Bajo esta premisa, en este proyecto de investigación se reporta la obtención de una hidrazona derivada de la benzofenona

y 2,4-dinitrofenilhidrazina mediante una metodología distinta a la ya reportada en la literatura. La reacción se llevó a cabo en medio ácido, empleando etanol como disolvente de reacción, agitación constante y temperatura de 50 °C. Los resultados obtenidos mostraron que se obtuvo la Benzofenona 2,4-dinitrofenilhidrazona como un sólido cristalino de color naranja con un P.F. de 246-248 °C y un PM de 362 g/mol. Así mismo, se logró un rendimiento del 84 %, cuyas señales obtenidas en los espectros de IR y RMN corresponden a la molécula esperada.

Palabras clave: Síntesis, Hidrazonas, Fármacos, Complejos.

Abstract

Hydrazones are compounds of great interest due to their extensive biological activity ranging from inhibiting the growth of different microorganisms, to eradicate some types of cancer cells, so that, its obtaining and subsequent evaluation is relevant to have more compounds within reach as potential drugs as the who has pointed out on several occasions since, resistance to antibiotics becomes a health problem of concern to society because alternatives are running out and cancer is one of the main causes of death in the world. Under this premise, in this research project reports the production of a hydrazone derived from benzophenone and 2,4 dinitrophenylhydrazine by means of a methodology different from that already reported in the

literature. The reaction was carried out in an acid medium, using ethanol as reaction solvent, constant agitation and temperature of 50 °C. The results obtained showed that benzophenone 2,4-dinitrophenylhydrazine was obtained as an orange crystalline solid with a P.F. of 246-248 °C and an PM of 362 g/mol. Likewise, a performance of 84 % and whose signals obtained in the IR and NMR spectra correspond to the expected molecule.

Keywords: Synthesis, Hydrazones, Drugs, Complex.

- °C, Grados Celsius
- HCl, Ácido Clorhídrico
- IE, Impacto Electrónico
- IR, Espectroscopía de Infrarrojo
- OMS, Organización Mundial de la Salud
- P.F., Punto de Fusión
- PM, Peso Molecular
- RMN, Espectrometría de Resonancia Magnética Nuclear
- TLC, Cromatografía en Capa Fina
- UV, Ultravioleta

Introducción

En la actualidad existen diferentes enfermedades para las cuales «no se están creando los tratamientos antibacterianos que tan desesperadamente se necesitan, a pesar de que cada vez se es más consciente de la acuciante amenaza que representa la resistencia a los antibióticos» (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021, párr. 1). Los antibióticos son medicamentos que se emplean principalmente para el tratamiento de infecciones originadas por diversos microorganismos, sin embargo, las bacterias se vuelven farmacorresistentes por el uso indebido y abusivo de los fármacos, provocando que se incrementen los costos médicos, prolongación de las estancias hospitalarias y un aumento en la mortalidad; ya que no se pueden tratar las infecciones con los antibióticos de primera línea es necesario emplear fármacos más caros, impactando directamente la carga económica para las familias y la sociedad.

Además, los tratamientos existentes dejan de tener acción antibacteriana y, como consecuencia, se genera la necesidad de obtener nuevos compuestos que tengan actividad biológica contra microorganismos causantes de

enfermedades. De este modo, existe un gran interés para el desarrollo, síntesis y obtención de nuevas alternativas con el propósito de impedir que siga aumentando la resistencia bacteriana.

La resistencia bacteriana se define como un «fenómeno creciente caracterizado por una refractariedad parcial o total de los microorganismos al efecto del antibiótico generado principalmente por el uso indiscriminado e irracional de éstos y no solo por la presión evolutiva que se ejerce en el uso terapéutico» (Sussman *et al.*, 2002, párr. 1). Este fenómeno está poniendo en riesgo los avances de la medicina moderna debido a que, si no se dispone de antibióticos eficaces para prevenir y tratar las infecciones, las intervenciones quirúrgicas, los trasplantes de órganos o la quimioterapia se volverán más peligrosos para las y los pacientes.

De esta manera, la OMS (2001) indica que es necesario «crear conciencia del problema que representa la resistencia a los antimicrobianos, estimular la investigación para llenar los vacíos del conocimiento y mejorar la comprensión de la resistencia a los antimicrobianos y alentar la investigación y el desarrollo de nuevos agentes antimicrobianos» (p.12). Durante el primer año de la

pandemia, «más de 29,400 personas murieron a causa de infecciones resistentes a los antimicrobianos comúnmente asociadas a la atención médica» (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2022, párr. 6).

A partir de este fenómeno, el objetivo de este proyecto es la generación de compuestos denominados hidrazonas que poseen diferentes actividades biológicas como son «acción antibacteriana, antituberculosa, antifúngica, anticancerígena, antiinflamatoria, anticonvulsiva, antiviral y anti protozoaria» (Popiolek, 2017, p. 287). En cuanto a las hidrazonas, dependiendo de su estructura química será su acción directa; en el caso de ser aromáticas, estas actúan directamente sobre las actividades antitumorales, antimicrobianas, así como anticonvulsivantes o antituberculosas, por lo cual dichas actividades son interesantes de evaluar debido a la amplia gama de posibilidades en las cuales se pueden aplicar en temas de salud.

Considerando ahora la acción anticancerígena, en la literatura existen diferentes autores con hidrazonas que reportan dicha actividad, tal es el caso de Pandey *et al.*, (2011), cuya investigación menciona que «el compuesto 20 exhibió citotoxicidad en el rango de 50-70 % frente a líneas celulares de mamas malignas humanas MCF-7 y ZR-75-1» (p. 39). La importancia de esto radica en que el cáncer de mama es la enfermedad que afecta con mayor frecuencia a las mujeres que viven en el estado de Puebla, donde «se registran cerca de 2 mil casos de cáncer de mama al año, de los cuales 800 son fallecimientos de las pacientes, de acuerdo con la información estadística del INEGI y del Instituto Nacional de Cancerología» (UPAEP, 2022, párr. 2).

Ahora bien, en cuanto a su actividad anticonvulsivante, se conoce que tienen efecto contra la epilepsia, por ejemplo, «las acetilhidrazonas proporcionan buena protección contra las convulsiones» (Dimmock, *et al.*, 2000, p. 241). Por otra parte, para la actividad antidepresiva, «algunos derivados de compuestos hidracina como la iprionazida, isocarboxiazida y nialamida inhiben la enzima monoamina oxidasa (MAO). Esta enzima está asociada con problemas de depresión y otros trastornos neurológicos, debido a que desempeña un papel en la inactividad

de neurotransmisores» (Ergenc *et al.*, 1998, p. 143). De este modo, las hidrazonas se vuelven como un abanico de posibilidades para enfrentar enfermedades de diversa índole y son sencillas de obtener.

Materiales y métodos

En la Tabla 1 se muestran los reactivos y materiales que se usaron para llevar a cabo la síntesis de una las hidrazonas de interés, mientras que en la Tabla 2 se hace referencia a los pesos empleados, así como la cantidad de disolvente para llevar a cabo la reacción de condensación.

Tabla 2. Pesos de los reactivos y volúmenes de disolventes

Benzofenona	2,4-Dinitrofenilhidrazina
Peso real 0.2049 g	Peso real 0.2472 g
Disolvente: etanol	Disolvente: etanol
30 ml	50 ml

En un primer momento, se realizaron los respectivos cálculos con los reactivos Benzofenona y 2, 4-Dinitrofenilhidrazina para saber cuánto pesar de cada uno y realizar la síntesis correspondiente. Posteriormente, se pesó la hidrazina en el matraz de redondo de fondo plano y se disolvió con 50 ml de etanol, con ayuda de un magneto y colocando el matraz en una parrilla de calentamiento a 50 °C con agitación constante. Transcurridos 5 minutos, se adicionaron dos gotas de HCl para acidificar el medio de reacción, posteriormente se agregó gota a gota la Benzofenona previamente disuelta en etanol.

Como se puede ver en la Figura 1, los dos reactivos se observaban completamente disueltos, la benzofenona se observaba incolora y la hidrazina de color naranja. Una vez que se mezclaron se dejó la reacción durante dos horas, pero en el inter de la misma se realizó el monitoreo por Cromatografía en Capa Fina (*Thin Layer Chromatography*,

Reactivos	Materiales		Equipos
Benzofenona	Espátula	Vidrio de reloj	Balanza analítica
2,4-Dinitrofenilhidrazina	Magneto	Placas de TLC	Rotavapor
Ácido clorhídrico	Matraz de bola	Papel filtro	Lámpara de luz UV
Etanol	Matraz Erlenmeyer	Embudo	Parrilla de calentamiento
Metanol	Vaso de precipitados	Placa de porcelana	IR
Acetonitrilo	-	-	Espectrómetro de Masas
-	-	-	RMN

Tabla 1. Reactivos y materiales empleados

TLC), aplicando los reactivos y los productos. El orden que se obtuvo fue el siguiente:

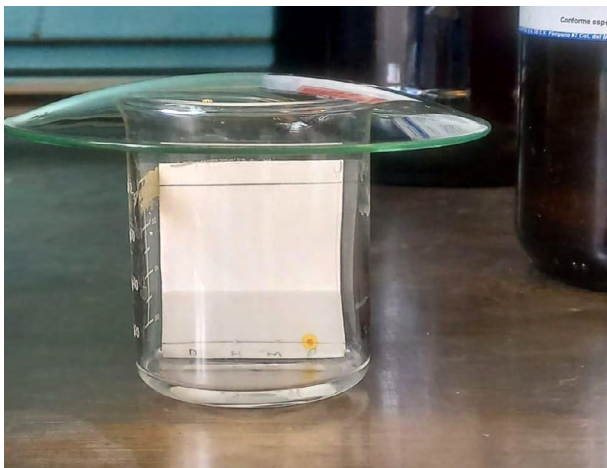
- B- Benzofenona
- D- 2,4-Dinitrofenilhidrazina
- M- Mezcla de ambos reactivos
- P- Producto obtenido

Figura 1. Adición de la Benzofenona a la Hidrazina



Para la primera placa de TLC, se agregó una mezcla de Hexano: Acetato de Etilo en una relación de 8:2 respectivamente en la cámara para correr la placa, tal como se observa en la Figura 2:

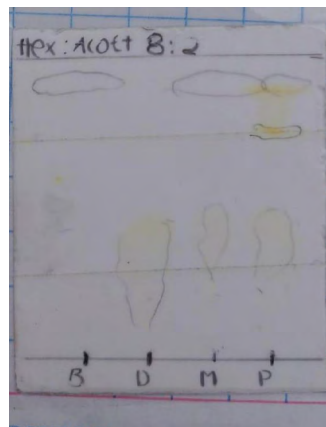
Figura 2. Corrimiento de placa de TLC



Una vez alcanzado el frente de la placa, se procedió a retirar de la cámara y se dejó secar en la campana de extracción. Posteriormente se reveló con ayuda de la lámpara UV, pero los resultados indicaron que aún existía presencia de reactivos en el área del producto (Ver Figura 3), por lo cual

se decidió dejar que la reacción terminara dos horas posterior al inicio, observándose un abundante precipitado de color naranja al concluir el tiempo de reacción.

Figura 3. Primer monitoreo de la reacción por cromatografía en capa fina



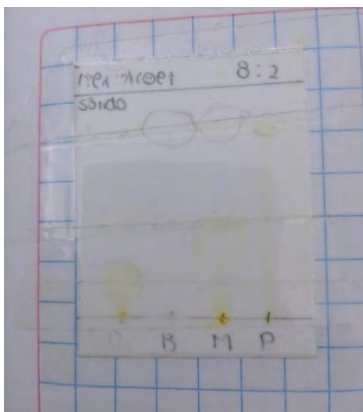
Una vez terminada la reacción, con ayuda de papel filtro y un embudo se procedió a filtrar el producto de interés que se veía como un precipitado de color naranja, separando así este sólido de las aguas madres (Figura 4).

Figura 4. Filtrado del producto



Una vez filtrado el sólido, se dejó secar con mucho cuidado de no perder producto y se transfirió a un frasco de vidrio previamente pesado para realizar el cálculo del rendimiento correspondiente, el cual fue de 84 %, lo cual resulta bastante elevado. A este sólido cristalino se le realizó la placa de TLC correspondiente (Figura 5), observándose la clara presencia de un producto con un factor de retención diferente al de los reactivos.

Figura 5. Segunda placa de TLC



Posteriormente se procedió a realizar la caracterización de la Benzofenona 2,4-dinitrofenilhidrazona, para lo cual primero se determinó su PF y posteriormente se realizó la elucidación de la estructura mediante diferentes técnicas espectroscópicas como IR, Espectrometría de masas y, además, RMN.

Figura 6. Producto obtenido

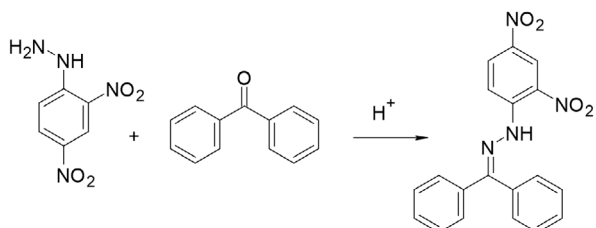


Más adelante se pretenden realizar los complejos de hidrazonas con metales como son Cu, Zn, etc., para poder evaluar la actividad biológica de las hidrazonas y de sus respectivos complejos mediante estudios microbiológicos, anticancerígenos, anticonvulsivos, entre otros.

Resultados/ Discusión de resultados

Se obtuvo un producto sólido cristalino de color naranja (Figura 6), el cual se obtuvo al hacer reaccionar Benzofenona con 2,4-dinitrofenilhidrazina, tal como se aprecia en la Figura 7:

Figura 7. Reacción de síntesis entre Benzofenona y 2,4-dinitrofenilhidrazina



El sólido obtenido se caracterizó completamente en la Unidad de Análisis Instrumental del Centro de Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Dentro de los estudios realizados al producto primero se determinó el Punto de Fusión, el cual fue de 246-248 °C, y se utilizó un equipo marca FISHER-JOHNS en grados centígrados y no fue corregido. Después, se realizó el análisis de Espectrometría de Masas (Figura 8), cuyo peso molecular fue de 362 g/mol, lo cual correspondía al PM esperado.

La caracterización por Espectrometría de Masas se realizó mediante el método de ionización de impacto electrónico (IE), en un intervalo de lectura de m/z de 0-800, en un Espectrómetro de masas marca JEOL modelo JMS-700.

Así mismo, se realizó el respectivo análisis por IR, empleando un equipo ATR Perkin Elmer de 450 a 4000 cm^{-1} el cual mostró señales características del compuesto de interés en 3288.58 cm^{-1} , 1611.30 cm^{-1} , 1588.57 cm^{-1} , 1528.13 cm^{-1} , 1500.35 cm^{-1} y 1306.33 cm^{-1} . En la Figura 9 se observa su espectro:

Finalmente, para elucidar la estructura del producto se realizó la RMN de ^1H y ^{13}C en un equipo de 500 MHz Bruker FT-NMR, para lo cual se enumeraron los C de la estructura con la finalidad de poder asignar las señales adecuadamente.

En los espectros de RMN de 1 y 2 dimensiones se observaron las señales de desplazamiento que confirmaron la obtención del producto esperado. Lo único que no fue posible asignar fueron los carbonos cuaternarios debido a que, para ello, se necesitan estudios más especializados de RMN como es el HMBC. A continuación, se muestra en la Tabla 3 los desplazamientos obtenidos del compuesto:

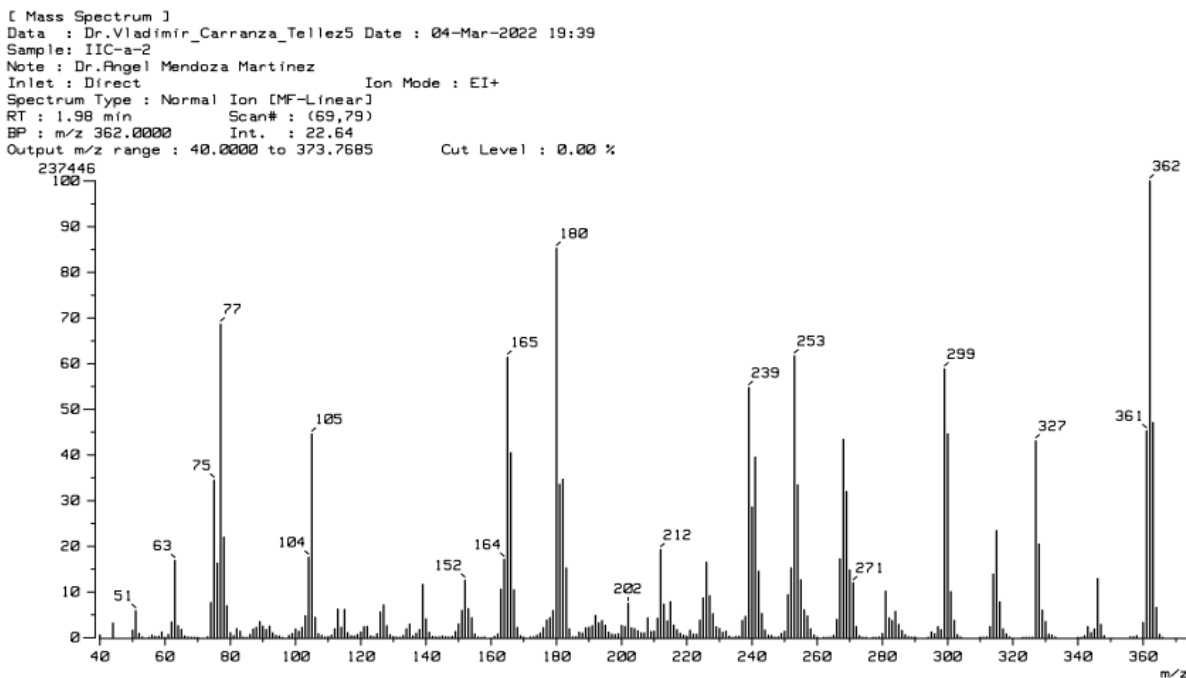
Tabla 3. Resultados de RMN de ^1H y ^{13}C en 1 y 2 dimensiones

Position	δ_{H}	δ_{C} , type	COSY
1	11.23, s, 1H		
1		SD, C	
2		SD, C	
3	9.07, d (2.5), 1H	123.5, CH	
4		SD, C	
5	8.37, dd (9.6, 2.4) 1H	130.1, CH	H-6
6	8.22, d (9.6), 1H	116.6, CH	
1		SD, C	
2-6	7.73-7.60, m, 5H	130.5, CH	H-3, H-4, H-5
		130.4, CH	
		127.9, CH	
1		SD, C	
2-6	7.48-7.34, m, 5H	130.0, CH	H-3, H-4, H-5
		128.6, CH	
		128.1, CH	

*SD = No se puede determinar

Conclusiones

Se efectuó la síntesis de la Benzofenona 2,4-dinitrofenilhidrazona, estableciendo condiciones de reacción diferentes a las reportadas por Tameem *et al.* (2006) obteniendo un buen rendimiento del producto de interés (84 %). Así mismo, se caracterizó la estructura mediante diferentes técnicas espectroscópicas como Espectrometría de masas, IR y RMN de ^1H y ^{13}C . Así, posteriormente esta hidrazona servirá para sintetizar complejos con diferentes iones metálicos y así evaluar la actividad antimicrobiana frente a diferentes microorganismos, así como la evaluación a futuro de otras actividades biológicas. Así mismo, otro de los impactos positivos de este proyecto de investigación es la formación de capital humano (estudiantes) para realizar la síntesis y caracterización de las hidrazonas que involucra el uso de diferentes equipos y técnicas de laboratorio, cuya finalidad principal es combatir la resistencia a los antibióticos y emplear estos compuestos como potenciales fármacos contra otras enfermedades como el cáncer, que es de gran importancia social en el estado de Puebla por el número de casos reportados, que incluye además decesos en la población.

**Figura 8.** Espectro de masas

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Derivado de este proyecto se abren diferentes líneas de investigación a futuro como son la síntesis de complejos con diferentes iones metálicos como Cu, Zn, etc., empleando como base a las hidrazonas, pues la presencia de ciertos metales puede incluso incrementar su actividad biológica.

Por otro lado, se deberán realizar los trabajos de investigación pertinentes para evaluar las diferentes actividades biológicas reportadas en la literatura como antimicrobianos, anticancerígenos, anticonvulsivantes, antiparasitarios, entre otros.

Agradecimientos

Se extiende un sincero agradecimiento al Centro de Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por el apoyo otorgado para el uso de los diferentes equipos empleados en la caracterización del compuesto como fue Infrarrojo, Punto de Fusión, Espectrómetro de Masas y Resonancia Magnética Nuclear, además, por el apoyo brindado para usar el *software* CSD-Enterprise 2022. Así mismo, se agradece por el apoyo en las técnicas de purificación y caracterización a los Doctores Jacqueline Jiménez Hernández, Jorge R. Juárez Posadas, Víctor Gómez Calvario, Vladimir Carranza Téllez y David Miguel Aparicio Solano.

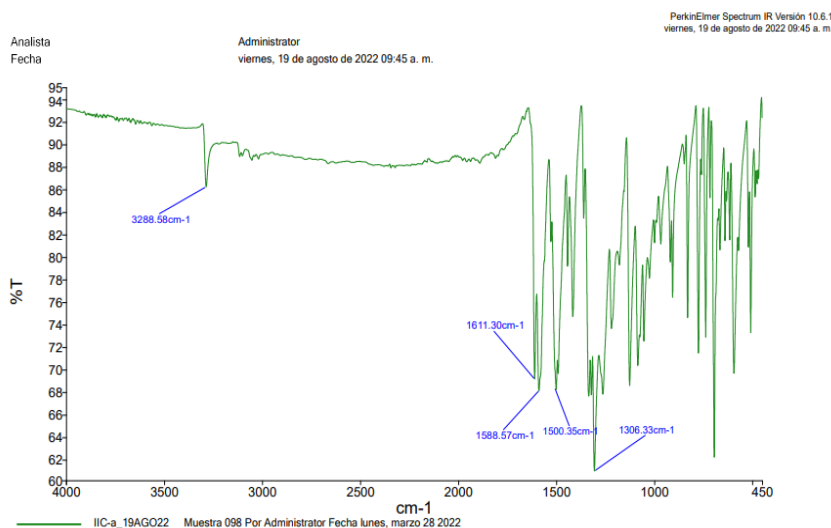


Figura 9. Espectro de Infrarrojo

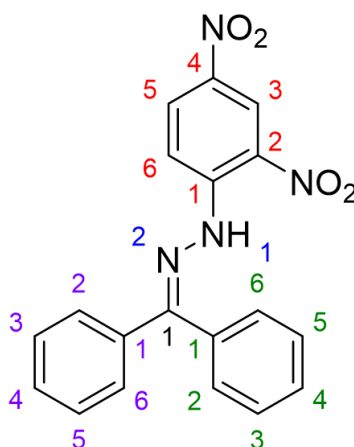


Figura 10. Estructura general del producto obtenido

- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2022). *El COVID-19 hace retroceder el progreso en la lucha contra la resistencia a los antimicrobianos en los EE. UU.* Estados Unidos de América. Obtenido de <http://bit.ly/3Lo9SSx>
- Dimmock R, J., Vashishtha, S. C., & Stables, J. P. (2000). Anticonvulsant properties of various acetylhydrazones, oxamoylhydrazones and semi-carbazones derived from aromatic and unsaturated carbonyl compounds. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 35(2), 241-248. doi:10.1016/S0223-5234(00)00123-9
- Ergenc, N., Sibel Gurnay, N., & Demirdamar, R. (1998). Synthesis and antidepressant evaluation of new 3-phenyl-5-sulfonamidoindole derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 143-148. doi: 10.1016/S0223-5234(98)80039-1
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2001). *Estrategia mundial de la OMS para contener la resistencia a los antimicrobianos*. Estados Unidos de América.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *La escasez mundial de antibióticos innovadores favorece la aparición y propagación de la farmacorresistencia*. Obtenido de <http://bit.ly/3TcYgUo>
- Pandey, J., Pal, R., Dwivedi, A., & Hajela, K. (2011). Synthesis of Some New Diaryl and Triaryl Hydrazone Derivatives as Possible Estrogen Receptor Modulators. *ArzneimForschDrugRes*, 39-44. doi:10.1055/s-0031-1299854
- Popielek, L. (2017). Hydrazide-hydrazones as potential antimicrobial agents: overview of the literature since 2010. *Med Chem Res*, 26, 287-301. doi:10.1007/s00044-016-1756-y
- Sussmann P., O. A., Mattos, L., & Restrepo, A. (2002). *Resistencia bacteriana*. Universitas Médica.
- Tameem, A. A., Salhin, A., Saad, B., Rahman, I. A., Saleh, M. I., Ng, S.-L., & Fun, H.-K. (2006). Benzophenone 2,4-dinitrophenylhydrazone. *Acta Crystallographica Section E Structure Reports Online*, 62 (12), 05686–05688. doi:10.1107/S1600536806048112
- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). (2022). *Casos de Cáncer de mama en Puebla*. Puebla, México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Obtenido de <http://bit.ly/3FmSGce>



Medicina y Ciencias de la Salud

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Obesidad visceral como factor de riesgo para hipertrigliceridemia en una población México-americana

^aOchoa Précoma Renata*, ^aGonzález-Mejía Martha Elba, ^aTorres Rasgado Enrique y ^bPorchia Leonardo Martin.

^aFacultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Calle 13
Sur 2901, Colonia Volcanes, C.P. 72420, Puebla, Puebla, México.

^bLaboratorio de Fisiopatología en Enfermedades Crónicas en el Centro de Investigación Biomédica de Oriente, IMSS
Delegación Puebla. Carretera Federal Atlixco Metepec Km 4.5, Colonia Centro, C.P. 74360, Atlixco Puebla, México.

*renataop3098@gmail.com

Resumen

La obesidad es una enfermedad caracterizada por la acumulación excesiva de grasa en el organismo. La acumulación preferencial de grasa en la zona visceral (VAT) se asocia a un mayor riesgo de enfermedades metabólicas debido a que almacena triglicéridos y genera ácidos grasos libres, lo cual conduce a enfermedades cardiovasculares y dislipidemias. Se realizó un estudio descriptivo, observacional, comparativo y transversal, para el cual se utilizó la base de datos «National Health and Nutrition Examination Survey», ciclos 2011-2017; se incluyeron 824 pacientes. Se dividió a los pacientes en 2 grupos: Hipertrigliceridemia (+) y (-). Se realizó un análisis de regresión logística para calcular los Odds-ratios con

intervalo de confianza del 95 % y se analizó la asociación de las variables por medio de la correlación de Pearson. Los valores de $p < 0,05$ se consideraron significativos. La asociación de las variables por medio de la correlación de Pearson indicó una correlación positiva entre VAT (cm^2) y la concentración de triglicéridos séricos ($\rho = 0.271$, $p < 0.001$, $\beta = 0.464$, $SD = 0.046$, $p < 0.001$). La obesidad visceral incrementa el riesgo de desarrollar hipertrigliceridemia en personas México-americanas independiente de la edad o IMC, sin embargo, el riesgo disminuye al ajustar la correlación para otras variables.

Palabras clave: VAT, Triglicéridos, Hipertrigliceridemia.

Abstract

Obesity is a disease characterized by excessive accumulation of fat in the body. The preferential accumulation of fat in the visceral zone (VAT) is associated with an increased risk of metabolic diseases because it stores triglycerides and generates free fatty acids, which leads to diseases such as cardiovascular diseases and dyslipidemia. A descriptive, observational, comparative and cross-sectional study was carried out, for which the «National Health and Nutrition Examination Survey» database was used, cycles 2011-2017; 824 patients were included. Patients were divided into 2 groups: Hypertriglyceridemia (+) and (-). A logistic regression analysis was performed to calculate the Odds ratios with

a 95 % confidence interval and the association of the variables was analyzed using Pearson's correlation. P values < 0.05 were considered significant. The association of the variables through Pearson's correlation indicated a positive correlation between VAT (cm^2) and serum triglyceride concentration ($\rho = 0.271$, $p < 0.001$, $\beta = 0.464$, $SD = 0.046$, $p < 0.001$). Visceral obesity increases the risk of developing hypertriglyceridemia in Mexican-Americans regardless of age or BMI, however the risk decreases when adjusting the correlation for other variables.

Keywords: VAT, Hypertriglyceridemia, Triglycerides.

- VAT, área de grasa abdominal en cm^2
- IMC, índice de masa corporal en kg/m^2
- SEEDO, Sociedad Española del Estudio de la Obesidad
- SAT, área de grasa subcutánea
- TG, triglicéridos
- ApoB, apolipoproteína b
- CM, quilomicrones
- VLDL, lipoproteínas de muy baja densidad
- FA, ácidos grasos
- ENSANUT, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018
- NHANES, National Health and Nutrition Examination Survey
- OR, odds-ratios
- AST, aspartato aminotransferasa
- ALT, alanino aminotransferasa

Introducción

La obesidad se define como una enfermedad crónica caracterizada por el estado de acumulación excesiva de grasa en el organismo [1]. La distribución regional de la grasa corporal es un factor de riesgo importante para desarrollar enfermedades tales como hipertensión, hipertrigliceridemia, entre otras [2]. De acuerdo con la Sociedad Española del Estudio de la Obesidad (SEEDO), la distribución topográfica del tejido adiposo en los sujetos se clasifica en obesidad ginecoide o periférica, y obesidad androide o central, que a su vez se subclasifica en visceral (VAT) y subcutánea (SAT) [3].

Se ha establecido a lo largo del tiempo que la acumulación preferencial de grasa en la zona toraco-abdominal se asocia a un mayor riesgo de enfermedades metabólicas [4]; así mismo, el VAT se ha relacionado en mayor proporción con efectos adversos que el SAT [5]. El VAT es considerado como un depósito ectópico de grasa que acumula triglicéridos cuando la capacidad del tejido adiposo subcutáneo para almacenar la misma se ve superada [6].

La relevancia de esta enfermedad radica en que es un factor de riesgo para eventos cerebro-vasculares, trombosis, enfermedad coronaria y muerte. De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 (ENSANUT), en Puebla, 71.9 % de las mujeres y 66.7 % de hombres mayores de 20 años presentan un IMC mayor de 25, es decir, un exceso de peso. Cuando se presenta un exceso de nutrientes como carbohidratos, proteínas o lípidos, se almacenan como grasa abdominal [7]. Los triglicéridos (TG) se consideran una molécula esencial para el almacenamiento efectivo de energía en el cuerpo, se transportan en lipoproteínas que contienen apolipoproteína B (apoB), que incluyen principalmente quilomicrones (CM), lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y lipoproteínas remanentes [8]. Los CM transportan grasas de la dieta que se metabolizaron en ácidos grasos (FA) y monoglicéridos o diglicéridos en el intestino delgado antes de ser absorbidos por los enterocitos y reensamblados en TG. Este último, junto con el colesterol, fosfolípidos y apolipoproteína B48, se ensamblan en CM y se secretan a la circulación, por medio de la cual depositan sus TG-FA al tejido adiposo para su almacenamiento [7].

De acuerdo con las guías del Adult Treatment Panel III of the National Cholesterol Education Program, los niveles de triglicéridos se clasifican en: normales (<150 mg/dl), límite alto (150 a 199 mg/dl), altos (200-499 mg/dl) y muy altos (>500 mg/dl) [9, 10]. La ENSANUT reportó que en 2018 el 19.5 % de la distribución porcentual de la población ≥20 años en México presentaron valores altos de triglicéridos [11]. La hipertigliceridemia conduce al depósito de VAT y SAT.

El VAT comprende un amplio espectro de mediadores proinflamatorios que favorecen a la generación de resistencia a la insulina [12]. Además, tiene una mayor capacidad de lipólisis, generando ácidos grasos libres asociados con trastornos metabólicos como: diabetes tipo 2, hipertensión y enfermedades cardiovasculares [13]. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el riesgo asociado de desarrollar hipertigliceridemia en presencia de obesidad visceral en pacientes México-americanos.

Materiales y métodos

Se diseñó un estudio descriptivo, observacional, comparativo y transversal. Se utilizó la base de datos «National Health and Nutrition Examination Survey» (NHANES) ciclos 2011-2018 [14, 15]. Se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: 1) hombres y mujeres

no embarazadas entre 18-59 años, 2) IMC >18.5 kg/m², 3) valores de triglicéridos, 4) VAT y 5) mexicanos-americanos. Se excluyó a los individuos con las siguientes características: 1) pacientes con prótesis médicas y/o deformidades corporales, y 2) etnicidad distinta a mexicanos-americanos. Se caracterizaron antropométricamente determinando peso (kg), talla (cm²), IMC (kg/m²), área de grasa abdominal total (cm²), área de grasa visceral (cm²) y área de grasa subcutánea (cm²). Adicionalmente se determinó presión arterial sistólica y diastólica (mmHg), glucosa en ayuno (mg/dl) e insulina sérica plasmática (uU/ml). Se dividió a la población de estudio en 2 grupos: a) grupo con hipertigliceridemia (+), con valores >150 mg/dl y b) grupo sin hipertigliceridemia (-), con valores <150 mg/dl. Para las variables cuantitativas se calculó la media y error estándar, las variables categóricas son presentadas como porcentaje, las diferencias entre los grupos fueron determinadas por el Student´s T Test o Chi² test. Se analizó la asociación de las variables por medio de la correlación de Pearson.

Se realizó un análisis de regresión logística para calcular los Odds-Ratio con un intervalo de confianza del 95 %. Adicionalmente, los OR se ajustaron por: Modelo1 (edad e índice de masa corporal) y Modelo 2 (modelo 1 + glucosa plasmática en ayunas, insulina, AST y ALT). Los valores de p <0,05 se consideraron estadísticamente significativos, utilizando el programa SPSS (V25).

Categorías	Hipertigliceridemia(-)	Hipertigliceridemia(+)	p-value ^a
N	595	229	
Sexo			
Masculino (%)	69.9 ± 2.1	30.1 ± 2.1	0.017 *
Femenino (%)	77.7 ± 2.0	22.3 ± 2.0	
Edad (años)	34.7 ± 0.5	39.2 ± 0.8	<0.001 *
Peso (kg)	80.4 ± 0.7	86.7 ± 1.1	<0.001 *
Estatura (cm)	165.4 ± 0.3	165.4 ± 0.6	0.992
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	29.3 ± 0.2	31.6 ± 0.4	<0.001 *
Circunferencia de la cintura (cm)	± 0.7	109.3 ± 0.8	<0.001 *
Glucosa plasmática en ayuno (mg/dl)	103.8 ± 1.1	118.8 ± 2.5	<0.001 *
Insulina (uU/ml)	13.1 ± 0.7	22.8 ± 2.2	<0.001 *
Área de grasa abdominal total (cm ²)	458.8 ± 7.8	518.6 ± 12.1	<0.001 *
Área de grasa visceral (cm ²)	106.7 ± 2.0	138.6 ± 3.6	<0.001 *
Personas sin obesidad(%)	51.4 ± 1.9	18.7 ± 1.9	<0.001 *
Personas con obesidad(%)	48.6 ± 1.9	81.3 ± 1.9	
Área de grasa subcutánea (cm ²)	352.0 ± 6.7	380.0 ± 10.3	0.040 *

Tabla 1. Características de la población de estudio

Resultados/ Discusión de resultados

De una base de datos de 39,159 participantes, un total de 824 cumplieron con los criterios de inclusión y se excluyeron 38,335. Un total de 595 de los participantes fueron clasificados en el grupo hipertrigliceridemia (-) y 229 en hipertrigliceridemia (+). Las diferencias de los parámetros antropométricos y bioquímicos entre ambos grupos fueron estadísticamente significativas. En el grupo hipertrigliceridemia (+), 30.1 % de los sujetos fueron masculinos y 22.3 % femeninos. Respecto al área de grasa abdominal total, el grupo de hipertrigliceridemia (+) presentó una media de 518.6 cm² y en hipertrigliceridemia (-) de 458.8 cm², lo cual fue estadísticamente significativo. El VAT fue significativamente mayor en el grupo hipertrigliceridemia (+) con una media de 138.6 cm². A su vez, VAT se subclasificó en personas sin obesidad y personas con obesidad, donde 18.7 % de los sujetos en el grupo hipertrigliceridemia (+) se establecieron como delgados y 81.3 % como obesos (Tabla 1).

La asociación de las variables por medio de la correlación de Pearson indicó una correlación positiva entre VAT (cm²) y la concentración de triglicéridos séricos ($\rho = 0.271$, $p < 0.001$, $\beta = 0.464$; SE = 0.046, $p < 0.001$) (Figura 1).

Adicionalmente se encontró que en general la obesidad visceral aumenta la probabilidad de padecer hipertrigliceridemia (OR 3.15, 95 %CI 2.31-4.30, $p < 0.001$); además, al ajustar las variables para los modelos 1 y 2, la probabilidad de padecer hipertrigliceridemia aumenta en mayor proporción en el primero comparado con el segundo (OR 3.43, 95 %CI 2.18-5.40, $p < 0.001$ y OR 3.02, 95 %CI 1.85-4.92, $p < 0.001$, respectivamente) (Tabla #2).

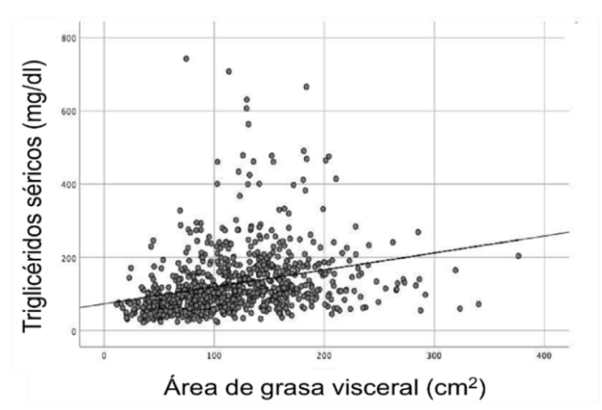
Los datos son media o frecuencia $\pm$ error estándar. ^a p-value para determinar las diferencias entre los grupos se calcularon utilizando la prueba T Student ajustada diseñada para muestras complejas o la prueba de Chi-cuadrado de Rao-Scott. *Indica una diferencia significativa ($p < 0.05$, dos colas).

Tabla 2. Efecto de la grasa visceral en la hipertrigliceridemia.

Modelo	Odds ratio	Intervalo de confianza del 95 %	p-value
Crudo	3.15	2.31 – 4.30	<0.001 *
Modelo 1	3.43	2.18 – 5.40	<0.001 *
Modelo 2	3.02	1.85 – 4.92	<0.001 *

Crudo = Odds ratio per 100 cm² aumento en el area de grasa visceral.
Modelo 1 = crudo + Edad e IMC.
Modelo 2 = Modelo 1 + glucosa plasmática, insulina, AST y ALT.

Figura #1 Asociación entre grasa visceral y triglicéridos séricos



Conclusiones

La obesidad visceral incrementa el riesgo de desarrollar hipertrigliceridemia en sujetos México-americanos independientemente de su edad o IMC. Sin embargo, el riesgo disminuye al ajustar la correlación para insulina, glucosa plasmática, AST y ALT. Al ser la obesidad una enfermedad mundial y muy prevalente en el estado de Puebla, el proyecto podría replicarse para saber el impacto del VAT en la hipertrigliceridemia en el estado.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

A futuro podría desarrollarse un proyecto similar en el estado de Puebla para poder mejorar las estadísticas en cuestión de salud y medicina.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Leonardo M. Porchia y a la Dra. Martha Elba Gonzalez-Mejía por su apoyo y consejo durante toda la investigación, así como al Dr. Enrique Torres Rasgado por asesorarme en cada paso.

Referencias bibliográficas

- [1] Carr, M.C. and J.D. Brunzell, Abdominal Obesity and Dyslipidemia in the Metabolic Syndrome: Importance of Type 2 Diabetes and Familial Combined Hyperlipidemia in Coronary Artery Disease Risk. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2004. 89(6): p. 2601-2607.
- [2] Hwang, Y.-C., *et al.*, Increased Visceral Adipose Tissue Is an Independent Predictor for Future Development of Atherogenic Dyslipidemia. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2016. 101(2): p. 678-685.
- [3] Pérez Miguelsanz, M.J., *et al.*, Distribución regional de la grasa corporal: Uso de técnicas de imagen como herramienta de diagnóstico nutricional. *Nutrición Hospitalaria*, 2010. 25: p. 207-223.
- [4] Manuel Moreno, G., Definición y clasificación de la obesidad. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 2012. 23(2):p. 124-128.
- [5] Suárez-Carmona, W., A.J. Sánchez-Oliver, and J.A. González-Jurado, Fisiopatología de la obesidad: Perspectiva actual. *Revista chilena de nutrición*, 2017. 44: p. 226-233.
- [6] Ebbert, J.O. and M.D. Jensen, Fat depots, free fatty acids, and dyslipidemia. *Nutrients*, 2013. 5(2):p. 498-508.
- [7] Santos-Baez, L.S. and H.N. Ginsberg, Hypertriglyceridemia-Causes, Significance, and Approaches to Therapy. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2020. 11: p. 616.
- [8] Wolska, A., Z.H. Yang, and A.T. Remaley, Hypertriglyceridemia: new approaches in management and treatment. *Curr Opin Lipidol*, 2020. 31(6): p. 331-339.
- [9] Elkins, C. and D. Friedrich, Hypertriglyceridemia: A review of the evidence. *Nurse Pract*, 2018. 43(10):p. 22-29.
- [10] Grundy, S.M., *et al.*, 2018 Guideline on the Management of Blood Cholesterol: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*, 2019. 73(24): p. 3168-3209.
- [11] Romero-Martinez, M., *et al.*, National Health and Nutrition Survey 2018-19: methodology and perspectives. *Salud Publica Mex*, 2019. 61(6): p. 917-923.
- [12] von Kruchten, R., *et al.*, Association between Adipose Tissue Depots and Dyslipidemia: The KORA-MRI Population-Based Study. *Nutrients*, 2022. 14(4): p. 797.
- [13] Oh, R.C., E.T. Trivette, and K.L. Westerfield, Management of Hypertriglyceridemia: Common Questions and Answers. *Am Fam Physician*, 2020. 102(6): p. 347-354.

Material de consulta

- [14] Chen, T.C., *et al.*, National Health and Nutrition Examination Survey: Estimation Procedures, 2011-2014. *Vital Health Stat 2*, 2018(177): p. 1-26.
- [15] Chen, T.C., *et al.*, National Health and Nutrition Examination Survey, 2015-2018: Sample Design and Estimation Procedures. *Vital Health Stat 2*, 2020(184): p. 1-35.

Resina dental filtek z250 modificada con óxido de grafeno

^aMárquez Villegas Beatriz^{*,b}, Sámano Valencia Carolina y ^aFlores Tochiuitl Julia

^aLaboratorio multidisciplinario, Facultad de Estomatología, BUAP, México. 31 pte. 1304, Los Volcanes, 72410 Puebla, Pue.

^bLaboratorio de materiales y biomateriales dentales. Facultad de Estomatología, BUAP, México. 31 pte. 1304, Los Volcanes, 72410 Puebla, Pue.

*betimarquezv@hotmail.com

Resumen

Las resinas compuestas son de los materiales más utilizados en odontología, dos factores importantes que contribuyen al deterioro de las restauraciones de resina son las alteraciones en la capacidad de resistencia al desgaste y a la flexión, lo que produce la formación de grietas y da paso a filtración de bacterias. Nuestro objetivo es comparar las propiedades mecánicas de la resina filtek z250 adicionada con óxido de grafeno contra la resina sin modificar. Se elaboraron barras y discos de acuerdo con la norma ISO-4049 de polímeros dentales. Se sometieron a pruebas de resistencia a la flexión y desgaste, se realizó la caracterización por espectroscopia infrarroja de barrido y se observó la morfología superficial con microscopio electrónico de barrido. El OG como material de relleno, logró

adicionarse a las resinas compuestas filtek (3M), se obtuvo una mezcla homogénea y aparentemente sin grumos de OG según lo observado mediante el SEM. La presencia del OG adicionado en las resinas compuestas filtek z250 (3M), no modificó su resistencia a la flexión. La adición del OG a las resinas compuestas filtek z250 (3M), en las concentraciones 0.00005 % (G1) y 0.0001 % (G2) aumenta significativamente la resistencia al desgaste en comparación de la resina sin modificar (n = 5, ANOVA de 1 vía *** p<0.0001).

Palabras clave: Resina Dental, Óxido De Grafeno, Resistencia A La Flexión, Resistencia Al Desgaste.

Abstract

INTRODUCTION: Composite resins are among the most widely used materials in dentistry. Two important factors that contribute to the deterioration of resin restorations are the alterations in their wear resistance and flexural strength, which lead to the formation of cracks and bacteria infiltration. **OBJECTIVE:** To compare the mechanical properties of filtek z250 resin added with GO against unmodified resin. **METHODOLOGY:** Bars and discs were elaborated according to the ISO-4049 standard for dental polymers. They were subjected to flexural strength and wear tests, FTIR characterization was performed, and surface morphology was observed with SEM. **CONCLUSION:** OG as a filler material

was successfully added to filtek (3M) composite resins, a homogeneous mixture was obtained and apparently without OG lumps as observed by SEM. The presence of the OG added to the filtek z250 (3M) composite resins did not modify their flexural strength. The addition of OG to filtek z250 (3M) composite resins, at the concentrations 0.00005 % (G1) and 0.0001 % (G2) significantly increased the wear resistance compared to the unmodified resin (n = 5, 1-way ANOVA *** p<0.0001).

Keywords: Dental resin, graphene oxide, flexural strength, wear resistance.

- G, grafeno
- GO, óxido de Grafeno (siglas en inglés)
- rGO, óxido de grafeno reducido (siglas en inglés)

Introducción

Las resinas compuestas (RC), son una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos. Para unir las partículas de relleno a la matriz plástica de resina, el relleno es recubierto con silano, un agente de conexión o acoplamiento. Otros aditivos pueden incluirse en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica (Pérez, 2018).

Las RC se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para de esa forma imitar el color de los dientes naturales, lo que hace de ellas el material más estético de restauración directa. Inicialmente, las RC se indicaban solo para la restauración estética del sector anterior. Posteriormente y gracias a los avances de los materiales, la indicación se extendió también al sector posterior. Entre los avances se reconocen mejoras en sus propiedades tales como la resistencia al desgaste, mejor manipulación y estética (ADA, 2003), (Rodríguez, 2008). La introducción de la tecnología de las RC dentro de la odontología restauradora, ha sido una de las contribuciones más significativas para la

odontología en los últimos veinte años. Las ventajas de las restauraciones adheridas a la estructura dental, incluyen conservación de tejido dental sano, reducción de la micro-filtración, prevención de la sensibilidad postoperatoria, refuerzo de la estructura dental y la transmisión / distribución de las fuerzas masticatorias a través de la interfase adhesiva del diente (ADA, 2003).

Actualmente, las mejoras en las formulaciones, el desarrollo de nuevas técnicas de colocación y la optimización de sus propiedades físicas y mecánicas, han hecho la restauración de RC más confiable y predecible. Las propiedades físicas, mecánicas, estéticas y el comportamiento clínico dependen de la estructura del material. Básicamente, las RC están constituidas por tres materiales químicamente diferentes: la matriz o fase orgánica; la matriz inorgánica, material de relleno o fase dispersa; y un órgano-silano o agente de unión entre la resina orgánica y el relleno cuya molécula posee grupos silánicos en un extremo (unión iónica con SiO_2), y grupos metacrilatos en el otro extremo (unión covalente con la resina) (García, 2006).

La matriz orgánica de las RC, está constituida básicamente por: un sistema de monómeros mono, di o tri funcionales; un sistema iniciador de la polimerización de

los radicales libres, que en las RC fotopolimerizables es una alfa-dicetona (canforoquinona), usada en combinación con un agente reductor, que es una amina alifática terciaria (4-n,n-dimetilaminofetil alcohol, DMAPE) un sistema acelerador que actúa sobre el iniciador y permite la polimerización en un intervalo clínicamente aceptable (el dimetilamino etilmetacrilato DMAEM, el etil-4-dimetilaminobenzoato EDMAB o el N,N-cianoetil-metilnilina CEMA); por último, los absorbentes de la luz ultravioleta por debajo de los 350 nm, como la 2-hidroxi-4-metoxibenzofenona, para proveer estabilidad del color y eliminar sus efectos sobre los compuestos amínicos del sistema iniciador capaces de generar decoloraciones a mediano o largo plazo (García, 1999).

Las RC de la marca de 3M son resinas con alto porcentaje de relleno. Sus ventajas son: la posibilidad de ser condensadas, mayor facilidad para obtener un buen punto de contacto y una mejor reproducción de la anatomía oclusal, su comportamiento físico-mecánico es similar al de la amalgama de plata. Su principal indicación radica en la restauración de cavidades de clase II con el fin de lograr, gracias a la técnica de condensación, un mejor punto de contacto (Rodríguez, 2008). Como principales inconvenientes destacan la difícil adaptación entre una capa y otra, la dificultad de manipulación y la poca resistencia a la flexión y al desgaste del material, lo que da paso a la creación de microgrietas por donde pueden circular microorganismos que crean caries secundaria y el fracaso de la restauración.

El G es uno de los nanomateriales más prometedores recientemente descubierto, se trata de un derivado bidimensional del carbono, ya que se compone de una capa de un átomo de espesor. Numerosos estudios confirman que el G tiene excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas. Debido a estas características, el grafeno y sus derivados se han utilizado en muchas aplicaciones (Guazzo, 2018), entre ellos destaca el óxido de grafeno (GO) por ser más versátil y aplicable en diversos materiales (Farjadian, 2020). El GO puede prepararse mediante la oxidación del grafito. Presenta varios grupos funcionales (por ejemplo, grupos hidroxilo, carboxilo y epoxi) que pueden utilizarse para combinar el GO con varias biomoléculas y materiales (Tonelli, 2015), (Farjadian, 2020). Por ello, el GO es una alternativa interesante para mejorar las propiedades mecánicas y la bioactividad de los biomateriales, o como portador de biomoléculas y fármacos (Nayak, 2011).

Las RC pueden diseñarse con las propiedades deseadas debido a las capacidades del GO para funcionar o combinarse con otros biomateriales (por ejemplo, polímeros, cerámica y metal). Se han modificado materiales dentales con grafeno y sus derivados mediante dispersión coloidal, síntesis directa, sinterización y conjugación. Sin embargo, es necesario conocer el estado actual de la matriz de los materiales dentales antes del proceso de modificación para garantizar que el grafeno o sus

derivados estén bien dispersos y funcionalizados en la matriz seleccionada (Bitounis, 2013).

En la odontología restauradora, el dolor postoperatorio, la fractura del órgano dentinario y la apertura de los márgenes de las restauraciones, pueden dar como resultado una microfiltración de fluidos, manchas en los huecos marginales y caries recurrente, estos son los problemas clínicos más abordados causados por la baja resistencia de los materiales, por lo que es necesario proponer mejoras en la composición del relleno de las RC, que implica hacer modificaciones no solo en el tamaño de las partículas, sino adicionar otros materiales que puedan mejorar sus propiedades como la resistencia a la flexión y al desgaste al integrarse dentro de la cavidad, como lo mencionan diversos autores (Keßler, 2019).

La presente investigación tiene como propósito evaluar las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y resistencia al desgaste) del restaurador Universal Nanohíbrido3M™ Filtek™ Z250 XT adicionado de 2 distintas concentraciones de OG. De esta manera, contribuir a la investigación de nuevos materiales mejorados que de ser eficientes contribuirán a disminuir la presencia de caries secundaria debido a microfiltraciones en las restauraciones dentales. Lo anterior repercute directamente en la cantidad de veces que se tendrá que reemplazar una restauración en boca del paciente, disminuyendo costos y uso de materiales dentales.

Materiales y métodos

Para el presente estudio se utilizaron RC «Restaurador Universal Nanohíbrido3M™ Filtek™ Z250 XT», OG en solución líquida en concentración al 98 mg/ml. Se confeccionaron 15 probetas de cada material en forma de barra de sección cuadrangular de 2 x 2 x 25 mm y 15 discos de 5 mm de diámetro, se utilizó un conformador de acero inoxidable, de acuerdo con la norma ISO 4049 (1988). Fueron fotopolimerizados con una lámpara Bluephase y posteriormente llevados a 37 °C en solución de Hank.

Las muestras se dividieron en 3 grupos: control (resina sin modificar), grupo G1 modificado con OG al 0.0005 % en peso con relación al relleno, grupo G2 modificado con OG al 0.0001 % en peso con relación al relleno.

Las muestras modificadas con OG y el control fueron sometidas al microscopio electrónico de barrido (SEM) para observar la morfología superficial y a espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) para describir las vibraciones de los enlaces químicos de grupos funcionales presentes en el material.

Prueba resistencia a la flexión

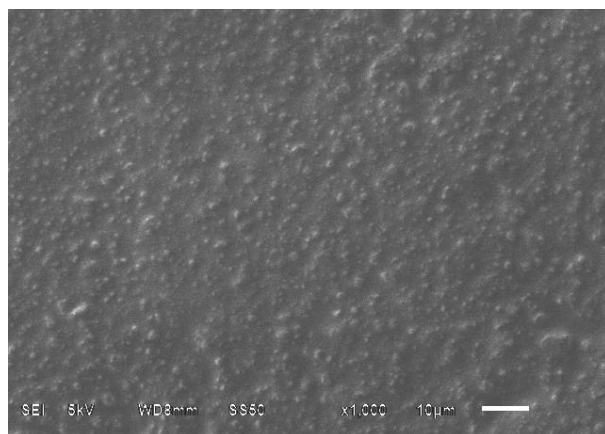
Las muestras fueron almacenadas en solución de Hank antes de realizar la prueba de flexión. Fueron sometidos al ensayo de flexión en tres puntos en una máquina de

tracción universal Instron (Modelo 4411, Instron Corp., Canton, MA, EE.UU.) Durante el ensayo, las muestras estuvieron apoyadas en dos puntos, con una velocidad de travesaño de 0.5 mm/min, donde se aplicó una carga en la superficie opuesta a los puntos de apoyo en un punto equidistante de los dos anteriores. En la zona cóncava se producen fenómenos de compresión, mientras que en la zona convexa se aprecian fenómenos de tensión, hasta que se produce la fractura de la barra.

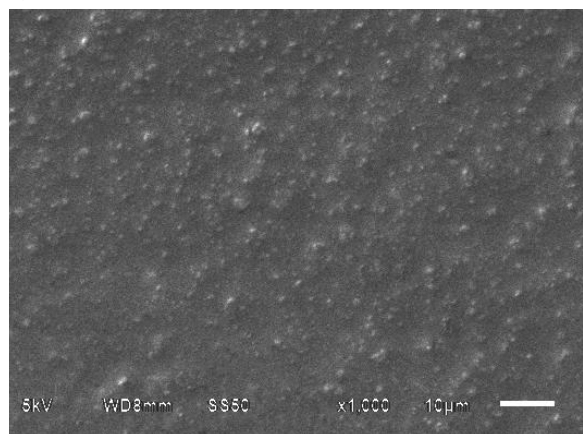
Prueba de resistencia al desgaste

Una vez lijados los discos se registrarán los pesos iniciales en una balanza de precisión analítica electrónica y después se procedió a su desgaste con Micromotor Strong 210/108 y contra ángulo a 2500 rpm por un tiempo de 30 s. Con microcepillos CPT, utilizados en el proceso de profilaxis dental, fabricado en acero y cabezal de cerdas plásticas de nylon, se aplicará una carga constante sobre el disco para luego registrar su peso final.

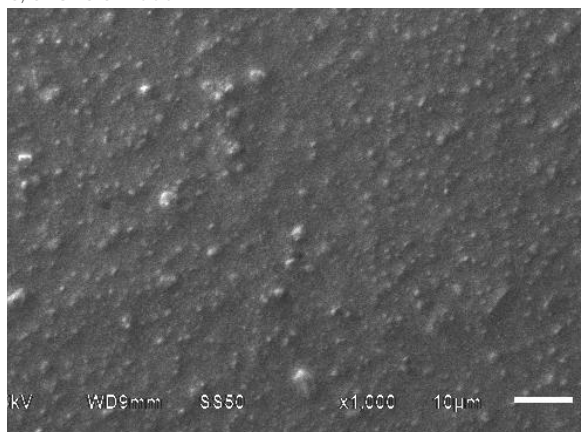
A) GRUPO CONTROL 1000X



B) GRUPO G1 1000X



C) GRUPO G2 1000X



Resultados/ Discusión de resultados

Análisis de la morfología superficial

Se realizó el análisis de la morfología a través de SEM donde se observan superficies homogéneas en las muestras de la resina modificada con OG al 0.00005 % (G1) y con 0.0001 % (G2) y de las resinas sin modificar (control). Con respecto a la rugosidad de los especímenes antes del proceso de abrasión, fue posible observar características semejantes para todos estos y no se observó la presencia de aglomeraciones (Figura 1).

Figura 1. Morfología superficial observada mediante SEM a 1000x A) Grupo control, B) grupo G1, C) Grupo G2 Fuente propia

Caracterización FT-IR

Se realizó el procesamiento de las muestras a través de FT-IR para describir las vibraciones de los enlaces químicos de grupos funcionales presentes en el material. Donde observamos en todas las muestras picos en 1000 y 1226 cm^{-1} que pueden atribuirse a vibraciones C-O y picos a 1026 , 1150 , 1630 y 1750 cm^{-1} que reflejan grupos C-OH, C-C y C=O.

Diversos grupos de investigación se menciona que estos grupos están presentes en los materiales de la familia del grafeno y el PMMA (componente inorgánico de resinas compuestas) (Agarwalla, 2019). El análisis FT-IR no fue concluyente para confirmar la presencia de grafeno en la resina modificada con OG, ya que varios espectros identificados son comunes en las resinas compuestas y en los derivados del G como el OG (Figura 2).

Resistencia a la flexión

Se realizó la prueba de resistencia a la flexión en 3 puntos para medir la resistencia de la muestra al aplicar una fuerza constante a través de una cruceta que baja hacia la muestra, apoyada sobre 2 puntos. Se comparó la capacidad de la resina compuesta de flexionarse antes de llegar a romperse en cada una de las resinas modificadas (G1: 0.00005% OG y G2: 0.0001%) y en la resina sin modificar (comercial). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al

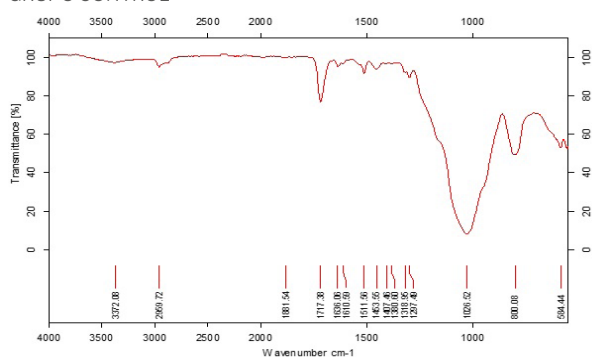
comparar las muestras, es de resaltar que no se observa debilitamiento en las resinas a las que se les agregó el OG (Figura 3-A).

Es posible que el porcentaje adicionado de OG a la resina no fue suficiente para brindar mayor resistencia a la flexión, por lo que será necesario probar mayores concentraciones de OG, como lo han realizado Hwan *et al.* 2018, quienes adicionaron OG a resina acrílica a base de PMMA (Lee, 2018).

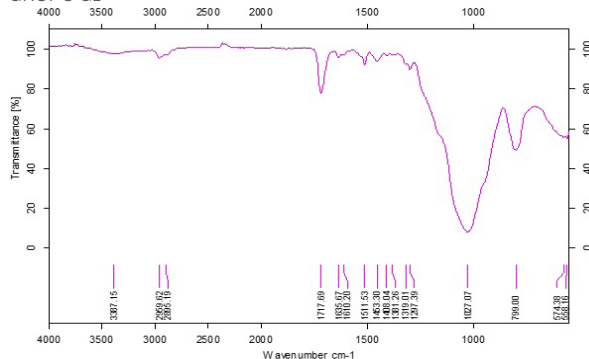
Resistencia al desgaste

Para la prueba de resistencia al desgaste se registraron los pesos iniciales de las muestras y se realizó el desgaste con un micromotor y contra ángulo a 2500 rpm por un tiempo de 30 s . Se midió el peso final, la diferencia de estos pesos indican la pérdida de masa durante la prueba de resistencia. Se observa la menor pérdida de masa tanto en el grupo G1 (ANOVA de 1 vía, $p < 0.0001$) y G2 (ANOVA de 1 vía, $p < 0.0001$) comparado contra el control. Es importante resaltar que al comparar G2 con G1, G2 fue el grupo que perdió la menor cantidad de masa (ANOVA de 1 vía, $p < 0.0001$) (Figura 3-B). Lo que coincide con el estudio realizado por Turssi, 2005, donde describe que la mayor resistencia al desgaste de esta resina guarda relación con el tamaño de las partículas de relleno, la separación entre las partículas y el porcentaje de relleno en peso (Turssi, 2005).

GRUPO CONTROL



GRUPO G1



GRUPO G2

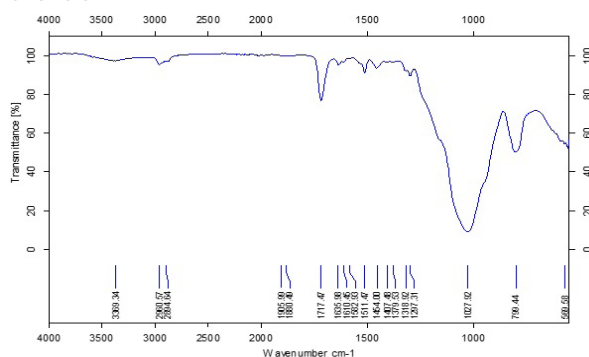
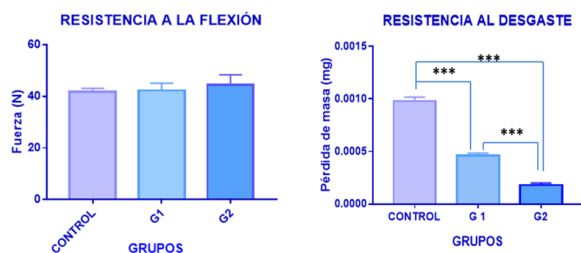


Figura 2. Espectro FT-IR A) Grupo control, B) Grupo G1, C) Grupo G2

Figura 3. A) Prueba de resistencia a la flexión, B) Prueba de resistencia al desgaste. Se observan diferencias estadísticamente significativas entre el grupo G1 y G2 en comparación al control (n = 5, ANOVA de 1 vía *** $p < 0.0001$)



Conclusiones

El campo de los biomateriales está en constante cambio y actualización para ofrecer siempre el mejor tratamiento al paciente, el OG como material de relleno y debido a su capacidad de flexión, logró adicionarse a las resinas compuestas filtek z250 (3M), se obtuvo una mezcla homogénea y aparentemente sin grumos de OG según lo observado mediante el SEM.

La presencia del OG adicionado en las resinas compuestas filtek z250 (3M), no modificó su resistencia a la flexión.

La adición del OG a las resinas compuestas filtek z250 (3M), en las concentraciones 0.00005 % (G1) y 0.0001 % (G2) aumenta significativamente la resistencia al desgaste en comparación de la resina sin modificar.

Agradecimientos

Agradecemos a la casa comercial 3M México por la donación del restaurador universal filtek z250.

Impacto social

El presente proyecto es parte de una de las líneas de investigación que sigue el laboratorio multidisciplinario de la Facultad de Estomatología, con la finalidad de innovar y proponer nuevos biomateriales, más accesibles para la restauración de los órganos dentarios de los pacientes.

Referencias Bibliográficas

- 3M, E. D. (2005). Perfil Técnico del Producto Restaurador Universal Filtek™ Z350. 3M ESPE.
- ADA, C. C. (2003). Materiales restauradores directos e indirectos. *The Journal of the American Dental Association*, 134, p463-472.
- Agarwalla, S. M. (2019). Translucency, hardness and strength parameters of PMMA resin containing. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 10338.
- Aker, J. (1982). New composite resins: comparison of their resistance to tooth-brush abrasion and characteristics of abraded surfaces. *J. Am. Dent. Assoc.*, 105:p633-5.
- Bitounis, D. A.-B. (2013). Prospects and challenges of graphene in biomedical applications. *Adv Mater*, 25(16):2258-68.
- Farjadian, F. A.-G. (2020). Recent Developments in Graphene and Graphene Oxide: Properties Synthesis, and Modifications: A Review. *ChemistrySelect*. Wiley-Blackwell, Vol. 5, 10200-19.
- García, A. L. (2006.). Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, p215-20.
- García, J. C. (1999). La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas Polymerization contraction of composite resin restorative materials. *Dep Odontol Conserv Fac Odontol Univ Complutense Madrid*, 2(1):p24-35.
- Guazzo, R. G. (2018). Graphene-based nanomaterials for tissue engineering in the dental field. *Nanomaterials*. MDPIAG, Vol. 8.
- Harrison, A. D. (1976). Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins-Is there a relationship? *J Prosthet Dent*, 36:p395-8.
- Keßler, A. K. (2019). Effect of fiber incorporation on the contraction stress of composite materials. *Clin Oral Investig*, 8; 23(3):1461-71.
- Lee, J.-H. J.-K.-A. (2018). Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion. *Dent Mater*.
- Leinfelder, K. (1993). Composite resin systems for posterior restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent*, 5 (Suppl 1):p23-7.
- Manhart, J. K. (2000). Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53:p353-61.
- Marín, E. (2009). Resistencia a la abrasión dental de resinas compuestas con bases a dimetacrilatos y siloranos: (estudio in vitro). *Respositorio académico de la universidad de Chile*.
- Nayak, T. A. (2011). Graphene for controlled and accelerated osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells. *ACS Nano*, 5(6):4670-8.
- Pérez, M. L. (2018). Aplicaciones de biomateriales en la Estomatología Biomaterials applications in Dentistry. *CORREO CIENTÍFICO MÉDICO DE HOLGUÍN*, 4.
- Rodríguez, P. S. (2008). Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta odontol venez.*, 46(3):381-92.
- Texeira, E. T. (2005). In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *J Esthet Restor Dent*, 17:172-82.
- Tonelli, F. G. (2015). Graphene-based nanomaterials: Biological and medical applications and toxicity. *Nanomedicine. Future Medicine Ltd*, 2423-50.
- Turssi, C. (2005). Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials*.
- Wonglamsam, A. K. (2008). Effects of occlusal and brushing on wear of composite resins in combined wear test. *Dent Mater J.*, 27:243-50.

Obesidad visceral como factor de riesgo en el desarrollo de hígado graso no alcohólico

^aElguezabal Rodelo Rebeca Garazi*, ^aGonzalez-Mejia Martha Elba y ^bPorchia Leonardo Martin

^a Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Calle 13

Sur 2901, Colonia Volcanes, C.P. 72420, Puebla, Puebla, México.

^b Laboratorio de Fisiopatología en Enfermedades Crónicas, Centro de investigación Biomédica de Oriente, IMSS. Delegación Puebla. Carretera Federal Atlixco Metepec Km. 4.5, Colonia Centro, C.P. 74360, Atlixco, Puebla, México.

*rbk.elguezabal27@gmail.com

Resumen

La enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA) es la principal causa de enfermedad hepática crónica con una prevalencia del 25 % a nivel mundial. El principal mecanismo de acumulación ectópica de grasa en el hígado es el incremento del influjo de ácidos grasos libres provenientes de una lipólisis aumentada en un tejido adiposo disfuncional ocasionado por el aumento de grasa visceral. Se diseñó un estudio observacional, descriptivo, comparativo y transversal. Se utilizó la base de datos «*National Health and Nutrition Examination Survey*». La muestra total se estratificó en 2 grupos EHGNA(+) y EHGNA(-) mediante ultrasonido hepático. Se llevó a cabo un análisis descriptivo de la muestra y se realizó regresión

logística para calcular *odds ratio* (OR) con un intervalo de confianza del 95 %. Los valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos. Se incluyeron un total de 1980 individuos. Se encontró un incremento en el riesgo de desarrollo de la EHGNA (OR: 9.1 IC 95 % 6.2–13.5), siendo mayor en personas con IMC normal, comparado con obesidad grado III (OR: 8.2 IC 95 % 2.5–28.0, OR: 1.4 IC 95 % 0.3–6.0, respectivamente). La obesidad visceral incrementa el riesgo de desarrollar EHGNA, el cual es mayor para personas con IMC normal.

Palabras clave: Obesidad, Grasa, Visceral, Hígado

Abstract

Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is the main cause of chronic liver disease with a prevalence of 25 % worldwide. The main mechanism of ectopic accumulation of fat in the liver is the increased influx of free fatty acids from increased lipolysis in dysfunctional adipose tissue caused by increased visceral fat.

An observational, descriptive, comparative, and cross-sectional study was designed. The «*National Health and Nutrition Examination Survey*» database was used. The total sample was stratified into 2 groups NAFLD(+) and NAFLD(-) by liver ultrasound. A descriptive analysis of the sample was performed, and logistic regression was made

to calculate the odds ratio with a 95 % confidence interval. Values of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

A total of 1980 individuals were included. An increased risk of developing NAFLD was found (OR: 9.1 95 % CI 6.2–13.5) and the risk is greater in people with normal BMI compared with grade III obesity (OR: 8.2 95 % CI 2.5–28.0, OR: 1.4 95 % CI 0.3–6.0) respectively.

Visceral obesity increases the risk of developing NAFLD and this risk is higher for people with normal BMI.

Keywords: Obesity, Visceral, Fat, Liver

- BMI, *Body mass index*
- DXA, absorciometría dual de rayos X
- EHGNA, Enfermedad del hígado graso no alcohólico
- IC, Intervalo de confianza
- IMC, Índice de masa corporal
- NHANES, *National Health and Nutrition Examination Survey*
- NAFLD, Non-alcoholic fatty liver disease
- OR, *Odds ratio*
- OMS, Organización Mundial de la Salud
- SMet, síndrome metabólico
- SPSS, *Statistical Package for the Social Sciences*
- USG CAP, parámetro de control de atenuación en ultrasonido
- VAT, Área de grasa visceral

Introducción

La enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA) es la principal causa de enfermedad hepática crónica con una prevalencia estimada del 25 % a nivel mundial [1]. La EHGNA se define como la acumulación ectópica de grasa en el hígado, con la exclusión clínica de un consumo significativo de alcohol (20 g/día en mujeres o 30 g/día en hombres) [2]. Actualmente, la EHGNA es considerada como la manifestación hepática del Síndrome metabólico (SMet), el cual incluye distintos factores como obesidad central, resistencia a la insulina, dislipidemia e hipertensión. De estos factores, la obesidad central presenta mayor incidencia y severidad asociada a EHGNA [3, 4].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la obesidad se define como una acumulación anormal de tejido adiposo. Normalmente se clasifica con el índice de masa corporal (IMC) en: Peso normal (18.5-24.9), Sobrepeso (25-29.9), Obesidad I (30-34.9), Obesidad II (35-39.9) Obesidad III (≥ 40) [5]. La acumulación de tejido adiposo puede ser clasificado a su vez de acuerdo con la distribución topográfica de la grasa, en la cual se

identifican 3 fenotipos: obesidad generalizada, obesidad periférica y obesidad central [6]. La obesidad central es caracterizada por un incremento del tejido adiposo alrededor de los órganos intraabdominales. Clínicamente, la obesidad central es definida con un valor de área de grasa visceral (VAT) $>100 \text{ cm}^2$ determinado con absorciometría dual de rayos X (DXA) [7]. La grasa visceral es un tejido hormonalmente activo, produce distintas adipocinas como adiponectina, leptina, factor de necrosis tumoral, resistina e interleucina 6. El incremento en estas adipocinas genera un tejido adiposo disfuncional [8]. El principal mecanismo de acumulación de grasa en el hígado es el incremento del influjo ácidos grasos libres provenientes de una lipólisis aumentada en un tejido adiposo disfuncional [9].

Impacto para el estado de Puebla:

EHGNA es la principal causa de enfermedad hepática crónica. En México se estima que dicha prevalencia puede llegar hasta 50 % de las personas adultas. La EHGNA aumenta la mortalidad global en un 57 %, debido a que su curso clínico normalmente no permite que las y los médicos la identifiquen de manera oportuna. Considerando esto, si

no se toman acciones inmediatas para contrarrestar lo que ahora se considera un problema de salud nacional, el futuro a corto plazo será muy sombrío [10, 11].

Desafortunadamente, la EHGNA es una enfermedad silenciosa, que no presenta síntomas específicos hasta un punto avanzado de la enfermedad [12]. Por lo tanto, la identificación de factores de riesgo asociados a EHGNA es muy importante para su diagnóstico.

Los principales factores de riesgo para presentar esta enfermedad son la obesidad, la DT2 y el síndrome metabólico, los cuales son ahora una pandemia y un importante problema de salud pública. En México, estas enfermedades tienen una prevalencia alarmante: SMet (54 %) [13], DT2 (15.7 %) [14], obesidad (36.1 %) [15].

De estos factores de riesgo el que se asocia en mayor medida a EHGNA es el sobrepeso y la obesidad. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) del 2018, en México las personas adultas con obesidad y sobrepeso representan el 76.8 % en mujeres y 73.0 % en hombres [16]. Recientemente se ha reconocido la importancia de clasificar a la obesidad con base en su distribución topográfica en la EHGNA, pues la obesidad central y específicamente la obesidad visceral es la responsable de ocasionar un tejido adiposo disfuncional, clave en la fisiopatología y desarrollo de EHGNA [8].

Categorías	Total	EHGNA(-) ^a	EHGNA(+) ^a	p-value ^b
N	1980	1267	713	0.001 *
Sexo				0.001 *
Hombres (%)	50.9 ± 1.7	46.5 ± 2.1	58.9 ± 2.5	
Mujeres (%)	49.1 ± 1.7	53.5 ± 2.1	41.1 ± 2.5	
Edad (años)	38.1 ± 0.5	36.0 ± 0.6	41.7 ± 0.5	<0.001 *
Peso (kg)	82.5 ± 0.9	74.8 ± 0.8	96.2 ± 0.9	<0.001 *
Altura (cm)	168.5 ± 0.3	168.1 ± 0.3	169.3 ± 0.5	0.017 *
IMC (kg/m ²)	28.9 ± 0.3	26.4 ± 0.3	33.5 ± 0.3	<0.001 *
Peso normal (%)	31.0 ± 1.9	45.8 ± 2.7	4.7 ± 1.2	0.001 *
Sobrepeso (%)	30.8 ± 1.9	33.4 ± 2.5	26.1 ± 2.8	
Obeso I (%)	21.6 ± 1.3	14.6 ± 2.0	33.9 ± 2.7	
Obeso II (%)	10.1 ± 1.0	3.9 ± 0.7	21.1 ± 1.6	
Obeso III (%)	6.5 ± 0.9	2.3 ± 0.6	14.1 ± 1.8	
Circunferencia de la cintura (cm)	97.2 ± 0.8	90.4 ± 0.7	109.3 ± 0.8	<0.001 *
Presión arterial sistólica (mmHg)	118.5 ± 0.5	116.0 ± 0.6	123.1 ± 0.5	<0.001 *
Presión arterial diastólica (mmHg)	73.0 ± 0.6	71.4 ± 0.8	75.8 ± 0.5	<0.001 *
Aspartato transaminasa (U/L)	21.3 ± 0.2	20.4 ± 0.3	22.8 ± 0.4	<0.001 *
Alanino transaminasa (U/L)	23.1 ± 0.3	19.7 ± 0.3	29.0 ± 0.7	<0.001 *
Plaquetas (10 ⁴ cells/ uL)	247.8 ± 2.4	244.9 ± 2.7	252.9 ± 3.4	0.037 *
Ultrasonido de hígado CAP (dB/m)	255.2 ± 1.7	217.5 ± 1.3	322.3 ± 2.0	<0.001 *
Grasa visceral (cm ²)	98.4 ± 2.4	75.6 ± 2.6	139.0 ± 2.1	<0.001 *
Normal (%)	57.8 ± 1.9	75.9 ± 2.5	25.6 ± 2.2	-
Obeso (%)	42.2 ± 1.9	24.1 ± 2.5	74.4 ± 2.2	-

^a Los datos son mostrados en media, desviación estándar ± ^b P- value corresponde a las diferencias entre EHGNA (-) y EHGNA (+) determinadas por el Chi² test o Student's T Test. * indica significancia en los resultados (p-value <0.05)

Tabla 1. Características de la población de estudio

La incorporación de este conocimiento reciente puede ayudar a prevenir, diagnosticar y tratar esta patología oportunamente, antes de que las consecuencias sean irreversibles, disminuyendo costos para los servicios de salud y mejorando la calidad de vida de los pacientes. Debido a esto, el objetivo de este estudio fue evaluar el riesgo asociado de desarrollar EHGNA en la presencia de obesidad visceral.

Metodología

Se diseñó un estudio observacional, descriptivo, comparativo y transversal. Se utilizó la base de datos «*National Health and Nutrition Examination Survey*» (NHANES) ciclo 2017-2018 [17]. La población fue seleccionada de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión: 1) hombres y mujeres no embarazadas de 18-59 años, 2) IMC >18.5 kg/m², 3) DXA para VAT, 4) ultrasonido hepático «*controlled attenuation parameter*» (USG CAP), y 5) pruebas de función hepática. Posteriormente, se excluyeron a los participantes que presentarían los siguientes criterios: 1) enfermedades hepáticas distintas a EHGNA (Hepatitis B, C o autoinmune, hepatocarcinoma), 2) consumo significativo de alcohol, 3) participantes con virus de inmunodeficiencia humana (VIH) (+), y 4) examen parcial de USG CAP. Así mismo, se recopilaron los valores bioquímicos y antropométricos de la población de estudio.

La población de estudio se dividió en 2 grupos: Grupo EHGNA (+): USG CAP con valor >274 dB/m y Grupo EHGNA (-): USG CAP con valor <273 dB/m. Para el análisis estadístico, se calculó la media y error estándar para las variables cuantitativas; las variables categóricas son presentadas como porcentaje. Las diferencias entre los grupos fueron determinadas por el Chi² test o Student's T Test. Se realizó

la correlación de Pearson para determinar la asociación entre las variables USG CAP y VAT. Se realizó un análisis regresión logística para muestras complejas, para calcular los odds-ratio con un intervalo de confianza del 95 %. Los valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos, utilizando el programa «*Statistical Package for the Social Sciences*» (SPSS v25).

Resultados

De una base de datos de 9254 participantes se excluyeron 7274 por no cumplir con los criterios de inclusión o exclusión previamente mencionados, dando un total de 1980 participantes utilizados como población de estudio. Las características de la población de estudio se muestran en la Tabla #1. Del total de participantes 36 % ($n = 713$) fue clasificado como EHGNA (+) y 64 % ($n = 1267$) como EHGNA (-). Ambos grupos presentaron una diferencia estadísticamente significativa en los parámetros antropométricos y pruebas de funcionamiento hepático. En el grupo de EHGNA (+) se encontró que hay un 25.6 % de sujetos con niveles bajos de grasa visceral (VAT <100 cm²) y 74.4 % de sujetos con niveles altos de grasa visceral (VAT >100 cm²), lo cual fue estadísticamente significativo (Tabla #1).

Cuando los valores de USG CAP fueron graficados frente a los niveles de VAT para evaluar su asociación, los valores de VAT mostraron una fuerte correlación (0.645 $p < 0.001$) (Figura 1).

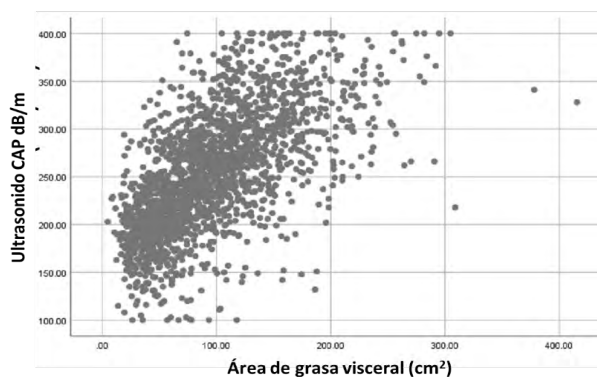
Índice de masa corporal categoría	Índice de masa corporal rango	Odds ratio ^a	Intervalo de confianza del 95 %	p-value ^b
Total	>18.5 kg/m ²	9.1	6.2 – 13.5	<0.001 *
Normal	18.5 – 25 kg/m ²	8.2	2.5 – 28.0	0.002 *
Sobrepeso	25 – 30 kg/m ²	3.4	1.5 – 7.4	0.005 *
Obesidad Grado I	30 – 35 kg/m ²	3.3	1.71 – 6.2	0.001 *
Obesidad Grado II	35 – 40 kg/m ²	4.8	2.1 – 10.8	0.001 *
Obesidad Grado III	>40 kg/m ²	1.4	0.3 – 6.0	0.588

^a El riesgo fue determinado por la comparación de sujetos con obesidad por grasa visceral y sujetos con grasa visceral normal para el riesgo de hígado graso no alcohólico utilizando regresión logística de muestras complejas

^b Los valores de p fueron calculados utilizando regresión logística para muestras complejas. El * indica un resultado estadísticamente significativo

Tabla 2. Riesgo asociado con área de grasa visceral >100 para desarrollar hígado graso no alcohólico (en el grupo EHGNA (+) categorizado por Índice de masa corporal)

Figura 1. Asociación de los valores de ultrasonido hepático con el área de grasa visceral



Adicionalmente, el riesgo asociado para desarrollo de EGHNA fue nueve veces mayor en el grupo VAT>100 cm² (OR: 9.1 IC 95 % 6.2-13.5). Además, estos subgrupos VAT>100 cm² y VAT<100 cm² del EGHNA (+) fueron categorizados por IMC y, contradictoriamente a lo esperado, el riesgo asociado al desarrollo de EGHNA es mayor para las personas con un IMC normal, pero VAT >100 cm² (OR: 8.2, IC 95 % 2.5 – 28.0), mientras que en IMC III y VAT >100 cm² el riesgo ya no es estadísticamente significativo (OR: 1.4 IC 95 % 0.3 – 6.0) (Tabla #2).

Conclusiones

La obesidad visceral incrementa el riesgo de desarrollar EHGNA, el cual es mayor para personas con IMC normal. En el estado de Puebla es muy importante considerar este nuevo conocimiento para que sea incorporado para la identificación de pacientes con probabilidad de padecer EHGNA, incluso si tienen un IMC normal, para así detectarla oportunamente y tomar acciones al respecto, disminuyendo costos en los sistemas de salud y principalmente mejorando la calidad de vida de los pacientes.

Línea de trabajo o trabajos a futuro

Se propone evaluar la presencia de EHGNA en población joven que padece obesidad visceral, pero no presenta síntomas o comorbilidades, así como determinar su asociación a grasa visceral o grasa abdominal.

Agradecimientos

Agradezco a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a mi equipo de trabajo, principalmente a Renata Ochoa Precoma, el Dr. Leonardo Porchia y a mi asesora la Dra. Martha Elba González-Mejía por todo su apoyo; así como al cuerpo académico CA-160 FACMED.

Referencias

- [1] Younossi, Z.M., et al., *Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease-Meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes*. Hepatology, 2016. 64(1): p. 73-84.
- [2] Ratziu, V., et al., *A position statement on NAFLD/NASH based on the EASL 2009 special conference*. J Hepatol, 2010. 53(2): p. 372-84.
- [3] Sundaram, S.S., P. Zeitler, and K. Nadeau, *The metabolic syndrome and nonalcoholic fatty liver disease in children*. Curr Opin Pediatr, 2009. 21(4): p. 529-35.
- [4] Townsend, S.A. and P.N. Newsome, *Non-alcoholic fatty liver disease in 2016*. Br Med Bull, 2016. 119(1): p. 143-56.
- [5] *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. Report of a WHO Expert Committee. World Health Organ Tech Rep Ser, 1995. 854: p. 1-452.
- [6] Aras, S., S. Ustunsoy, and F. Armutcu, *Indices of Central and Peripheral Obesity; Anthropometric Measurements and Laboratory Parameters of Metabolic Syndrome and Thyroid Function*. Balkan Med J, 2015. 32(4): p. 414-20.
- [7] Kim, J.A., C.J. Choi, and K.S. Yum, *Cut-off values of visceral fat area and waist circumference: diagnostic criteria for abdominal obesity in a Korean population*. J Korean Med Sci, 2006. 21(6): p. 1048-53.
- [8] Mirza, M.S., *Obesity, Visceral Fat, and NAFLD: Querying the Role of Adipokines in the Progression of Nonalcoholic Fatty Liver Disease*. ISRN Gastroenterol, 2011. 2011: p. 592404.
- [9] Donnelly, K.L., et al., *Sources of fatty acids stored in liver and secreted via lipoproteins in patients with nonalcoholic fatty liver disease*. J Clin Invest, 2005. 115(5): p. 1343-51.
- [10] Musso, G., et al., *Meta-analysis: natural history of non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and diagnostic accuracy of non-invasive tests for liver disease severity*. Ann Med, 2011. 43(8): p. 617-49.
- [11] Bernal-Reyes, R., et al., *The Mexican consensus on nonalcoholic fatty liver disease*. Rev Gastroenterol Mex (Engl Ed), 2019. 84(1): p. 69-99.
- [12] Newton, J.L., *Systemic symptoms in non-alcoholic fatty liver disease*. Dig Dis, 2010. 28(1): p. 214-9.
- [13] Gutierrez-Solis, A.L., S. Datta Banik, and R.M. Mendez-Gonzalez, *Prevalence of Metabolic Syndrome in Mexico: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Metab Syndr Relat Disord, 2018. 16(8): p. 395-405.
- [14] Basto-Abreu, A.C., et al., *Salud Publica Mex*, 2021. 63(6, Nov-Dic): p. 725-733.
- [15] Barquera, S., et al., *[Obesity in Mexico, prevalence and trends in adults. Ensanut 2018-19]*. J. Salud Publica Mex, 2020. 62(6): p. 682-692.
- [16] Romero-Martínez M, Shamah-Levy T, Vielma-Orozco E, Heredia-Hernández O, Mojica-Cuevas J, Cuevas-Nasu L, Rivera-Dommarco J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: metodología y perspectivas. Salud Publica Mex [Internet]. 5 de diciembre de 2019 [citado 14 de marzo de 2023];61(6, nov-dic):917-23. Disponible en: <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/11095>

Material de consulta

- [17] Akinbami, L.J., et al., *National Health and Nutrition Examination Survey, 2017-March 2020 Prepandemic File: Sample Design, Estimation, and Analytic Guidelines*. Vital Health Stat 1, 2022(190): p. 1-36.

Acciones de farmacovigilancia de analgésicos de las y los docentes de las clínicas de la facultad de estomatología de la BUAP

^aSuazo Ramos Rosy Itzel, ^bFlores Tochihiutl Julia y ^aTeutli Mellado Karla Marisol

^a Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Av. 31 Pte. No. 1304, Los Volcanes, C.P. 72410 Puebla, Puebla.

^b Laboratorio multidisciplinario, Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla, Av. 31 Pte. No. 1304, Los Volcanes, C.P. 72410 Puebla, Puebla.

rosy.suazo@alumno.buap.mx

Resumen

La farmacovigilancia es una rama de la farmacología que surgió por la necesidad de disminuir y detectar de manera oportuna los eventos no deseados relacionados con el uso de fármacos. Según las normas vigentes, las y los estomatólogos deben ser participantes de las acciones que marca la farmacovigilancia. En la presente investigación se aplicó un cuestionario sobre acciones de farmacovigilancia de analgésicos a docentes que imparten clínicas de pregrado y/o posgrado en la Facultad de Estomatología de la BUAP. Los resultados obtenidos evidencian que los AINE son ampliamente utilizados por los participantes, aunque no completamente de manera racional, pues no existe monitoreo de las prescripciones de analgésicos que se realizan en las clínicas. El conocimiento de la

farmacovigilancia es escaso, ya que no se han desarrollado protocolos en las clínicas que permitan que las y los docentes puedan identificar y reportar de manera oportuna y eficaz las sospechas de RAM. Tampoco existe un protocolo de apoyo para la identificación de las posibles interacciones farmacológicas que se puedan presentar y no cuentan con la información necesaria para localizar centros farmacovigilancia en el estado de Puebla, o qué herramientas existen para resolver sus dudas acerca de los temas relacionados con la farmacovigilancia.

Palabras clave: AINE, Opioides, Reacción adversa, Farmacovigilancia.

Abstract

Pharmacovigilance is a branch of pharmacology that arose from the need to reduce and timely detect unwanted events related to the use of drugs. According to current regulations, stomatologists must be participants in the actions established by pharmacovigilance. In the present investigation, a questionnaire on pharmacovigilance actions of analgesics was applied to teachers who teach undergraduate and/or postgraduate clinics at the BUAP Faculty of Stomatology. The results obtained show that NSAID are widely used by the participants, although not completely rationally, there is no monitoring of analgesic prescriptions made in clinics. Knowledge of pharmacovigilance is scarce, protocols have

not been developed in clinics that allow teachers to identify and report suspected ADRs in a timely and effective manner, nor is there a support protocol for the identification of possible pharmacological interactions that can be presented and do not have the necessary information to locate pharmacovigilance centers in the state of Puebla or what tools exist to resolve their doubts about issues related to pharmacovigilance.

Keywords: NSAIDs, Opioids, Adverse reaction, Pharmacovigilance.

Glosario de abreviaturas y símbolos

- AINE Analgésicos antiinflamatorios no esteroideos.
- RAM, Reacciones adversas a medicamentos.
- COX-1, Ciclooxygenasa-1.
- COX-2, Ciclooxygenasa-2.
- OMS, Organización Mundial de la Salud.
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.
- BUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- CIM, Centro de Información de Medicamentos.
- CIFV, Centro Institucional de Farmacovigilancia.
- OPS, Organización Panamericana de la Salud.
- URM, Uso Racional de Medicamentos.
- GI, Gastrointestinal.
- SNC, Sistema Nervioso Central.
- SIGAF, Sistema Integrado de Gestión de Asistencia Farmacéutica.
- NOM, Norma Oficial Mexicana.
- IHS, Sociedad Internacional de Cefaleas.
- IASP, Asociación Internacional para el Estudio del Dolor.
- EA, Evento Adverso.
- SRAM, Sospecha de Reacción Adversa a Medicamentos.
- ESAVI, Eventos Supuestamente Atribuibles a la Vacunación o Inmunización.
- ICCMS, Sistema Internacional de Clasificación y Manejo de Caries.
- NSAID, Non-steroid anti-inflammatory drug.

Introducción

El dolor bucofacial es una de las principales causas de la visita al estomatólogo. El tratamiento farmacológico comúnmente utilizado en el manejo del dolor son los fármacos de la familia de los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y el paracetamol, ya que son muy accesibles y de venta libre. También para el tratamiento del dolor en odontología, en algunos casos muy específicos, es necesario utilizar opioides débiles (García, 2017).

Aunque la prescripción de fármacos con objetivo analgésico puede observarse como un proceso rutinario para el tratamiento del dolor, hay que tomar en cuenta que deben ser prescritos en las dosis adecuadas y con la duración pertinente para evitar incumplimiento de los objetivos terapéuticos y la aparición de efectos adversos (García, 2017). Las reacciones adversas en su mayoría son advertidas en la fase previa a la comercialización del medicamento, sin embargo, con el tiempo y el uso crónico se van observando efectos no esperados y no deseados, y es ahí donde la farmacovigilancia, el personal de salud y los pacientes

juegan un papel fundamental en la notificación de estas (Moran, 2017).

La farmacovigilancia es una rama de la farmacología que tiene diferentes tareas como son; identificar el uso racional de medicamentos, las reacciones adversas a medicamentos (RAM) y las interacciones farmacológicas, por destacar algunas (OMS, *Indicadores de farmacovigilancia: un manual práctico para la evaluación de los sistemas de farmacovigilancia*, 2019).

La farmacovigilancia es tarea de las y los profesionales de la salud y es también responsabilidad del estomatólogo monitorear el cumplimiento de esta según la Norma Oficial Mexicana NOM-220-SSA1-2016, Instalación y operación de la farmacovigilancia, que menciona que se deben considerar criterios de eficacia, calidad y seguridad, desde la relación beneficio/riesgo para el uso terapéutico de un medicamento o vacuna. Es importante entonces que las y los estomatólogos contribuyan al uso racional de medicamentos, apegándose a la guía de la buena prescripción, que realicen los reportes de reacciones adversas a medicamentos y que detecten las posibles interacciones farmacológicas que puedan empeorar aún más la salud del paciente (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2017).

Por lo tanto, la presente investigación tiene como propósito identificar los hábitos de prescripción de los AINE, paracetamol y opioides, y los conocimientos de farmacovigilancia de estos por parte de las y los docentes de las clínicas de pregrado y posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Este trabajo coincide con otros que expresan que es importante que las y los profesionales de la salud, como es el caso de la Estomatología, conozcan y realicen las principales tareas de la farmacovigilancia que son: uso racional de medicamentos, lo cual está relacionado con los hábitos de prescripción, reporte de reacciones adversas y la detección de las posibles interacciones farmacológicas que pudieran restar eficacia al tratamiento farmacológico ideado.

En el caso de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), es importante recolectar la información necesaria en relación con la prescripción de analgésicos por parte de docentes y sus acciones de farmacovigilancia en apego a la Norma Oficial Mexicana NOM-220-SSA1-2016, para garantizar que la preparación que están recibiendo los futuros estomatólogos del estado de Puebla es completa en el tema de farmacología, beneficiando los tratamientos farmacológicos que la población recibe.

Materiales y métodos

El estudio es descriptivo, observacional y no experimental. La población de estudio fueron docentes de la Facultad de Estomatología de la BUAP que instruyen en las clínicas de pregrado y posgrado. El muestreo es por conveniencia. La validación del cuestionario utilizado como instrumento de recolección de datos se realizó por juicio de expertos.

La tesis recolectó cada uno de los cuestionarios realizados, organizó la información plasmada en los mismos sin ejercer ningún tipo de juicio personal, aplicó los criterios de inclusión, exclusión y eliminación de manera objetiva, bajo la supervisión de la directora de tesis. Identificó y extrajo la información acerca de los hábitos de prescripción de AINE, paracetamol y opioides, y acerca de los conocimientos de farmacovigilancia.

El cuestionario fue elaborado con preguntas abiertas, cerradas y con múltiples opciones. Su construcción se basó en otros cuestionarios disponibles en la literatura científica como el de Sudhakar *et al.* (2015), Ramos *et al.* (2014), Souza (2018) y Muñoz (2016). El formulario se elaboró en la plataforma de Google Forms. La liga se envió vía correo electrónico junto con una carta de invitación a las y los docentes de las clínicas de pregrado y posgrado de la Facultad de Estomatología de la BUAP. Debido a la falta de participación por parte de las y los docentes vía correo electrónico, se imprimieron algunos cuestionarios y se solicitó de manera personal su participación.

Antes de la recolección de los datos se hizo un preanálisis a través de un estudio piloto con el objetivo de evaluar

la inteligibilidad, claridad, objetividad de las preguntas y la duración de su aplicación. Para ello se aplicó el cuestionario a por lo menos a 10 docentes de las clínicas, incluidos profesores que instruyen farmacología en la Facultad para recibir sus observaciones.

El cuestionario consta de 2 secciones: la primera sección contiene preguntas que recolectaron información acerca del perfil de las personas participantes, por ejemplo: área de especialidad y años de experiencia. La segunda sección contiene preguntas que identificaron cuál es el tipo de dolor orofacial más frecuente en la consulta estomatológica de las y los docentes de las clínicas de la Facultad de Estomatología de la BUAP, según su especialidad, y los hábitos de prescripción relacionados con el uso racional de los AINE, el paracetamol y los analgésicos opioides y sus combinaciones. Por último, se hicieron preguntas para indagar los conocimientos sobre las acciones de la farmacovigilancia en estomatología, el manejo farmacológico racional de los AINE, el paracetamol y los analgésicos opioides y sus correspondientes combinaciones; el conocimiento suficiente o deficiente sobre la farmacovigilancia en estomatología y las tareas que esta implica: reporte de reacciones adversas a medicamentos y detección oportuna de posibles interacciones farmacológicas.

Los datos obtenidos de los cuestionarios se vaciaron en una tabla de Excel. Las preguntas cualitativas se volvieron cuantitativas. Primero se analizaron los datos de las variables cuantitativas, utilizando porcentajes, media, desviación estándar y gráficas correspondientes. Se determinó la prescripción de los AINE, el paracetamol, los opioides y sus combinaciones más frecuentes según el tratamiento y el objetivo terapéutico del estomatólogo, por medio de medidas de tendencia central. También se realizó el análisis descriptivo de los conocimientos y aplicación o no de la farmacovigilancia.

Resultados/ Discusión de resultados

Fueron 37 participantes de 106 docentes, obteniendo un 34.90 % de participación, este porcentaje fue inferior a un estudio realizado por Sudhakar *et al.* (2015) con un 83.3 %. La posible causa del bajo porcentaje de participación podría ser que el trabajo se desarrolló durante la emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19), lo cual impedía el acercamiento personal con las y los docentes, además de que el cuestionario contiene 57 preguntas para responder y toma aproximadamente 20 minutos del tiempo de los participantes.

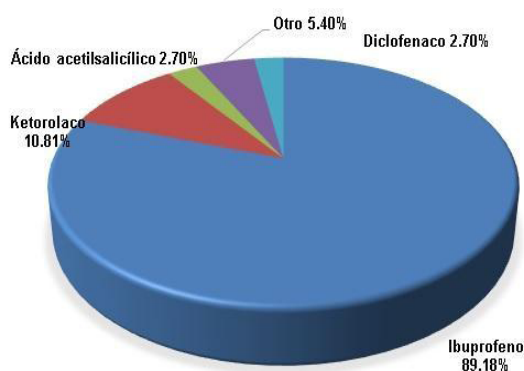
Primera sección: Resultados referentes al perfil de las y los docentes

El 72.97 % de los participantes ($n = 27/37$) cuentan con una especialidad. El 37.03 % ($n = 10/27$) está relacionado con la pediatría y en segundo lugar 22.22 % ($n = 6/27$) con la ortodoncia. La mayoría de los participantes tienen varios años de experiencia ejerciendo su especialidad o maestría con el mínimo de 5 años y un máximo de 42 ($M = 13.36$, $DE = 8.2$). En cuanto a su experiencia como docente de asignaturas clínicas, el 70.27 % de los participantes ($n = 26/37$) imparten clínicas en pregrado, el 24.32 % de los participantes ($n = 9/37$) en pregrado y posgrado y únicamente el 5.40 % solo en posgrado ($n = 2/37$), donde las clínicas integral I, II y III fueron las más reportadas.

Segunda sección: Prescripción y el uso racional de analgésicos para el manejo del dolor bucofacial

Como se observa en la Figura 1 en el presente estudio la tendencia de elección favorece al ibuprofeno con el 89.18 % de selección ($n = 33/37$).

Figura 1. Distribución de los AINE más prescritos por las y los docentes de las clínicas de la Facultad de Estomatología de la BUAP.

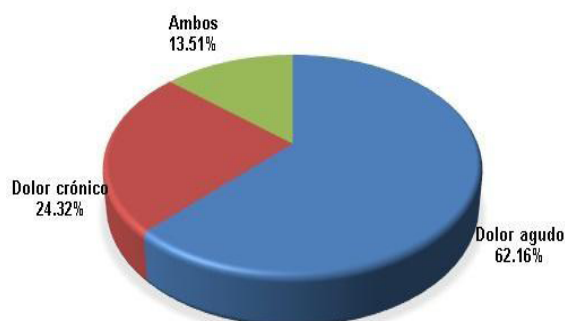


El 24.32 % prescriben paracetamol (acetaminofén) + naproxeno ($n = 9/37$) en su jornada laboral, esto es similar a lo reportado por Ramos *et al.* (2014) con un (26.54 %) de selección. Ong *et al.* (2010), realizaron una búsqueda bibliográfica en la que indican que la combinación de paracetamol y un AINE confiere una eficacia analgésica adicional sobre cualquier fármaco solo, lo que podría justificar el uso de combinaciones analgésicas.

El resultado muestra al dolor agudo como el dolor más atendido (según su duración), referido por el 62.16 % de los participantes ($n = 23/37$) como se observa en la Figura 2. Esto podría significar el uso racional de analgésico apoyado en lo descrito por Isla *et al.* (2007), quienes sugieren el comienzo con un no opioide y, ante la ausencia de alivio del

dolor, pasar a un opioide menor y de ahí a uno mayor. La prescripción de paracetamol para el tratamiento analgésico del dolor agudo se podría justificar gracias a que Monisha *et al.* (2019) reportaron que, en pacientes con dolor dental agudo y crónico, el ibuprofeno 400 mg se considera superior a otros fármacos.

Figura 2. Distribución en función del tipo de dolor (según su duración) más atendido.



El 16.21 % de las y los docentes prescriben AINE para el tratamiento de la caries, lo cual no está fundamentado científicamente según Jara *et al.* (2020), quienes sugirieron que el Sistema Internacional de Clasificación y Manejo de Caries (ICCMS) era el más completo para el manejo y prevención de esta, ahí se redactó que incluso para las lesiones de caries más severas activas el tratamiento debe ser operatorio con preservación dental y no sugieren tratamientos farmacológicos.

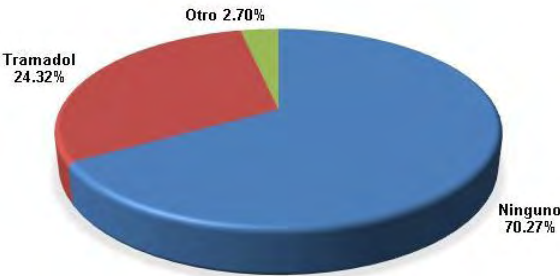
Un participante no seleccionó ningún analgésico para el tratamiento de pulpitis reversible e irreversible, además redactó que no es necesario si se realiza el tratamiento pulpar correspondiente. Tres docentes no prescriben ningún analgésico para el tratamiento de caries, pulpitis reversible y pulpitis irreversible. Lo anterior es correcto según Walton *et al.* (2015), quienes en su libro *Endodontics: Principles and Practice* sugieren que en el caso de pulpitis reversible la remoción de irritantes y el sellado y aislamiento de la dentina expuesta o la pulpa vital por lo general disminuye los síntomas y revierte el proceso inflamatorio en el tejido pulpar. En el caso de la pulpitis irreversible, realizar el tratamiento de conductos resulta de la misma manera en la disminución de los síntomas. No describen ningún tratamiento farmacológico, ya que el tratamiento endodóntico disminuye los síntomas y revierte la inflamación. También un participante seleccionó la penicilina y clindamicina para el tratamiento analgésico de absceso apical agudo.

Para valorar los hábitos de prescripción de AINE se tomó en cuenta la guía de la buena prescripción de la

OMS(2015) para su programa de acción sobre medicamentos esenciales, la cual plasma que el proceso de la prescripción razonada consta de seis pasos. El 83.78 % de los participantes seleccionó la opción de los 6 pasos de la guía y el 78.37 % reconocen alguna condición en la que no se deben administrar AINE.

Como se observa en la Figura 3, el 70.27 % de los participantes que son la mayoría (n = 26/37) no prescriben opioides, únicamente el 24.32 % (n = 9/37) refirieron prescribir un opioide débil como el tramadol.

Figura 3. Distribución de los opioides más prescritos por las y los docentes en las clínicas de pregrado y posgrado de la Facultad de Estomatología de la BUAP.



Para identificar los hábitos de prescripción de opioides por parte de los participantes se tomaron en cuenta los seis pasos que se encuentran en la guía de la buena prescripción de la OMS. La mayoría no prescriben opioides como se muestra en la Tabla 1, los recuadros con los símbolos de verificación muestran las acciones correctas, mientras que los recuadros con las equis muestran las acciones incorrectas para la prescripción seleccionadas por las y los docentes. La última fila presenta el porcentaje de docentes que seleccionaron esa opción. Sin especificar si prescriben o no opioides, la mayoría seleccionó al menos una de las opciones correctas para la prescripción de opioides.

✓	✓	✓	×	×	×	×
No prescribo opioides.	Consulto la bibliografía científica actualizada en relación al manejo de la patología de mi paciente.	Defino el problema del paciente, formulo el objetivo terapéutico, reviso si el tratamiento es adecuado, prescribo el tratamiento, informo, instruyo y advierto al paciente, superviso el tratamiento.	Considero como referencia tratamientos farmacológicos parecidos al malestar de mi paciente reportados en cualquier fuente de información.	Me baso en mi propia experiencia con tratamientos pasados.	Consulto con un colega	Otro.
75.67 % (28/37)	13.51 % (5/37)	21.62 % (8/37)	5.40 % (2/37)	8.10 % (3/37)	0 % (0/37)	0 % (0/37)

Tabla 1. Metodología para elaborar la prescripción de opioides referida por las y los docentes

Tercera sección: Acciones de farmacovigilancia de analgésicos

Según lo reportado por Sudhakar *et al.* (2015), existe la creencia general de que las y los profesionales de la salud, especialmente estomatólogos, tienen poca conciencia sobre la farmacovigilancia. El 67.56 % de los participantes (n = 25/37) no han tomado un curso de actualización en farmacología y/o farmacovigilancia en los últimos cinco años. Algunas de las razones que reportaron los participantes fueron: costos, falta de tiempo y que no se encuentran cursos especializados en estos temas.

Se realizó una tabla tipo Likert para que los participantes autoevaluaran su conocimiento de farmacovigilancia. Como se observa en la Tabla 2, el 37.83 % (n = 14/37) refieren tener un escaso conocimiento de esta. Se encuentra poca bibliografía científica actualizada sobre la farmacovigilancia en estomatología, lo que podría justificar los resultados obtenidos en el cuestionario respecto a este tema.

Tabla 2. Autoevaluación del conocimiento de la farmacovigilancia según las y los docentes.

Nivel de conocimiento	Muy escaso	Escaso	Regular	Bueno	Muy bueno
Número de participantes	16.21 % (6/37)	37.83 % (14/37)	29.72 % (11/37)	13.51 % (5/37)	2.70 % (1/37)

Como se observa en la Tabla 3, el 94.59 % de las y los docentes (n = 35/37) identifican al menos una de las acciones de la farmacovigilancia: «Identificación de las reacciones/eventos adversos a medicamentos» marcadas por la OMS en su manual: *Indicadores de farmacovigilancia: un manual práctico para la evaluación de los sistemas de farmacovigilancia* (2019).

Tabla 3. Acciones de la farmacovigilancia identificadas por las y los docentes.

Opciones	Número de docentes que la reportaron	Acción correcta (✓)/ acción incorrecta (✗)
Identificación de las reacciones/eventos adversos a medicamentos	94.59 % (35/37)	✓
Prevención de errores de medicación	40.54 % (15/37)	✓
Detección de medicamentos falsificados	27.02 % (10/37)	✓
Detección de medicamentos caducados	32.43 % (12/37)	✗
Prevención del uso de drogas recreativas	18.91 % (7/37)	✗
Promoción de la medicina alternativa	0 % (0/37)	✗

Después de la invención de un medicamento, se conoce mayormente información sobre su actividad terapéutica, pero se sabe menos sobre su seguridad. Por esto, Ajinath *et al.* (2017), recomendaron la realización de actividades relacionadas con la farmacovigilancia.

Como se muestra en la Tabla 4, la mayoría de los participantes reconoció al menos 1 de las acciones correctas a realizar, según lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-220-SSA1-2016, Instalación y operación de la farmacovigilancia. En este sentido, 16.21 % de las y los docentes (n = 6/37) consideraron que la farmacovigilancia es una acción propia de médicos/as y enfermeras/os, y que la prescripción de un analgésico no conlleva gran problema porque las posibles RAM o interacciones farmacológicas no son mortales.

Tabla 4. Acciones correctas a realizar por profesionales de la salud reportadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-220-SSA1-2016, Instalación y operación de la farmacovigilancia, según las y los docentes.

Opciones	Número de docentes que eligieron la opción	Acción correcta (✓)/acción incorrecta (✗)
Mantenerse informados y actualizados sobre los datos de seguridad relativos a vacunas y a los medicamentos que prescriben, dispensen o administren.	64.86 % (24/37)	✓
La recepción, registro y notificación de reportes de casos de SRAM, RAM, EA, ESAVI y cualquier otro problema de seguridad relacionado con el uso de los medicamentos de vacunas.	51.35 % (19/37)	✓
Participar continuamente en las actividades de difusión y fomento de la farmacovigilancia.	27.02 % (10/37)	✓
Reportar los hábitos de automedicación de los pacientes de cualquier rango de edad.	8.10 % (3/37)	✗
Reportar el consumo de plantas medicinales por parte de los pacientes que acuden a la consulta pública y privada.	0 % (0/37)	✗
Pertenecer de manera obligatoria a un comité de farmacovigilancia local, nacional o internacional.	10.81 % (4/37)	✗

Del total de docentes participantes, el 72.97 % (n = 27/37) conocen la definición de una RAM de la OMS; «cualquier reacción nociva no intencionada que aparezca a dosis normalmente usadas en el ser humano para profilaxis, diagnóstico o tratamiento o para modificar funciones fisiológicas». Solo el 43.24 % de docentes (n = 16/37) conocen quién debe notificarlas. El 16.21 % de docentes (n = 6/37) consideraron que el estomatólogo no es responsable de su notificación. Es una realidad que en las clínicas de la Facultad no existe un protocolo de farmacovigilancia con el cual las y los docentes se puedan guiar para notificar las RAM.

El 95.59 % (n = 35/37) desconocen dónde encontrar los formularios para la notificación de RAM en la institución, el 86.48 % (n = 32/37) no conoce el procedimiento para reportar una RAM y únicamente el 21.62 % (n = 8/37) saben a quién dirigirse en caso de detectar alguna. Ajinath *et al.* (2017) reportaron que la notificación de las reacciones adversas no deseadas a los medicamentos se vuelve muy importante no solo para futuras referencias y el desarrollo de mejores medicamentos, sino también para evitar una

carga innecesaria en el sistema de atención médica y la morbilidad o mortalidad de los pacientes.

El 70.27 % de docentes ($n = 26/37$) conocen la definición de interacción farmacológica según la OMS; Ocurre cuando el efecto de un fármaco es modificado por la administración previa o simultánea de otro fármaco o alimento. A pesar de tener conocimiento científico sobre la definición de interacción farmacológica, el mismo porcentaje no realizan monitoreo de las posibles interacciones farmacológicas de los analgésicos que prescriben en su jornada laboral. El 86.48 % ($n = 32/37$) de los participantes nunca ha detectado una interacción farmacológica en su jornada laboral. En la Figura 4 se muestran las interacciones farmacológicas con analgésicos que los participantes han reportado en su jornada laboral.

Figura 4. Interacciones farmacológicas con analgésicos detectadas por los participantes.



Según Seymour (2009), las interacciones farmacológicas son importantes y pueden dar lugar a la morbilidad e incluso a la mortalidad significativa. Esto último es una ocurrencia rara en relación con la prescripción en estomatología, ya que las y los estomatólogos prescriben una gama limitada de medicamentos y, en su mayor parte, estos son seguros. Sin embargo, pueden ocurrir interacciones, por lo que es esencial obtener un historial farmacológico completo de los pacientes en cada visita.

El bajo porcentaje de detección de interacciones farmacológicas y de reporte de RAM posiblemente se relaciona con la falta de actualización y motivación para participar en este tipo de acciones. También en la bibliografía científica se encuentra muy poca información actualizada sobre la farmacovigilancia en estomatología y menos aún relacionada con el uso de analgésicos. Por lo anterior, la presente investigación aporta sobre estos temas y permite la reflexión para implementar formas de proveer terapias farmacológicas con analgésicos adecuados a los pacientes atendidos en las clínicas.

Es necesario implementar la actualización en farmacología y farmacovigilancia en el área de la estomatología, estructurar un protocolo de acuerdo con las normas vigentes para la notificación de RAM en las clínicas de la facultad y para el registro de interacciones farmacológicas,

e implementar iniciativas educativas, el monitoreo de los patrones de prescripción de analgésicos y el desarrollo de pautas de prescripción que contribuyan a garantizar que los pacientes reciban el tratamiento más efectivo para su dolor bucofacial. Los resultados reportados representan una oportunidad para dirigir estudios de este tipo a gran escala con el fin de proponer a las autoridades sanitarias nacionales la creación de guías y/o programas de farmacovigilancia con mayor enfoque estomatológico y que incluya a los grupos de fármacos comúnmente prescritos.

Conclusiones

Las odontalgias son el tipo de dolor bucofacial más atendido en las clínicas, por lo que se sugiere implementar un protocolo de tratamiento farmacológico para estas con el fin de evitar consecuencias no deseadas debido al uso irracional de los medicamentos y así obtener resultados positivos en el tratamiento farmacológico de estas.

El ibuprofeno es el analgésico más utilizado en las clínicas de la FEBUAP, por esto debe haber actualización en farmacología para garantizar la buena prescripción, según las indicaciones terapéuticas de este y otros analgésicos y las características del paciente.

Existe desconocimiento sobre algunas tareas de la farmacovigilancia como lo son la identificación y reporte de RAM, por lo que se sugiere capacitación.

Hay un bajo porcentaje de detección de interacciones farmacológicas, por lo que se sugiere explorar a fondo si la causa es el desconocimiento de su detección o la verdadera prevención de estas.

Las y los responsables del seguimiento de la farmacovigilancia en el estado de Puebla deben reforzar el apoyo en el monitoreo de interacciones y el reporte de RAM a las y los profesionales de la salud, incluidos estomatólogos.

El conocimiento de las acciones de la farmacovigilancia por parte de las y los estomatólogos en el estado de Puebla es indispensable para evitar una mala calidad en la terapia farmacológica. Esto se traduce en el aumento de morbilidad y mortalidad de los pacientes, y en el desperdicio de recursos, disminuyendo así el presupuesto para otros insumos importantes.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

El presente trabajo de tesis es innovador y es también una guía para la elaboración de un trabajo similar a gran escala con el fin de contribuir a la mejora de la aplicación de farmacovigilancia por parte de las y los estomatólogos en el estado de Puebla, según las normas vigentes.

Referencias bibliográficas

- Ajinath, J., Ajay, C., Pooja, T. (2017) Pharmacovigilance in dental practice: A study to evaluate knowledge, attitude and practices (KAP) of reporting of adverse drug reactions (ADR) among dental practitioner in a city of central region of Maharashtra, India, 2(2), p. 14-18.
- DOF - Diario Oficial de la Federación. (s. f). Gob.mx. Recuperado el 25 de agosto de 2022, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5490830&fecha=19/07/2017
- García, J. (2017). Manejo básico del dolor agudo y crónico. *Anestesia en México*, 29, p. 77-85. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-87712017000400077
- Isla, A., Mozas, M., Cortázar, J. F., Arizmendi, L., Manuel, P., Torre, F., Ortiz, V., & Azkue, J. J. (2007). Avances en el tratamiento farmacológico del dolor crónico. Opioides. *Gaceta médica de Bilbao*, 104(4), p. 141-147.
- Jara, J. J., De la Cruz Sedano, G. S., Ventura Flores, A. K., & Perona-Miguel de Priego, G. A. (2020). Herramientas actuales para el diagnóstico, manejo y control de la caries dental. Parte II. Una revisión de la literatura. *Revista científica odontológica*, 8(1), p. 1-7.
- Monisha, M., Elengickal, T. J., Ram, S. K. M., Madhu, M. L., Raghuvveeran, M., & Pillai, R. R. (2019). Attitude and awareness of dentists practicing in southern India toward non-steroidal anti-inflammatory drugs. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 11(Suppl 2), p. S355-S359.
- Morán, M. (2017). La Farmacoepidemiología y sus Avances en el Nuevo Milenio. *Memorias del XIX concurso Lasallista De Investigación, Desarrollo e Innovación CLIDI*. 4(2), p. 37-41.
- Muñoz K. (2016) Nivel de conocimiento sobre analgésicos de cirujanos dentistas del distrito de Florencia de Mora, región la libertad, durante el año 2016 [Tesis para optar el título profesional de cirujano dentista]. ULADECH.
- Ong, C. K. S., Seymour, R. A., Lirk, P., & Merry, A. F. (2010). Combining paracetamol (acetaminophen) with nonsteroidal antiinflammatory drugs: a qualitative systematic review of analgesic efficacy for acute postoperative pain: A qualitative systematic review of analgesic efficacy for acute postoperative pain. *Anesthesia and Analgesia*, 110(4), p. 1170-1179.
- Organización Mundial de la Salud. (×2019)×. OMS indicadores de farmacovigilancia: un manual práctico para la evaluación de los sistemas de farmacovigilancia. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/325851>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- DOF - Diario Oficial de la Federación. (2016) NORMA Oficial Mexicana NOM-220-SSA1-2016, Instalación y operación de la farmacovigilancia. Secretaría de salud.
- Ramos, J. M. F., Zaragoza, M. G. O., Paredes, J. J. R., & Salas, H. B. (2014). Analgésicos en odontología: resultados de una encuesta sobre su uso clínico. *Revisita ADM*, 71(4), p. 171-177.
- Seymour, R. A. (2009). Drug interactions in dentistry. *Dental Update*, 36(8), 458-460, 463-466, p. 469-470.
- Souza J. (2018). Evaluación del nivel de información de los cirujanos-dentistas sobre farmacovigilancia y notificaciones de sospechas de reacciones adversas a medicamentos [Tesis doctoral]. UCES.
- Sudhakar, S., Madhavan, A., & Balasubramani, S. (2015). Attitude of dentists toward pharmacovigilance and reporting adverse drug reactions: A cross-sectional study. *Journal of Advanced Clinical and Research Insights*, 2, p. 242-247.
- Walton R. E. & Torabinejad M. (2015). *Endodontics: principles and practice* (Fifth). Elsevier.

Estudio de la expresión de ECA2 en pacientes que cursaron con Covid-19: estandarización

^aTrejo Alvizar Karla Valeria¹, ^aTuxpan Perez Getzeman² y ^aSedeño Monge Virginia³

^aFacultad de Medicina, Decanato de Cs. Médicas, Universidad Popular del Estado de Puebla, Calle 21 Sur 1103, Barrio de Santiago, 72410 Puebla, Pue.

1karlavaleria.trejo@upaep.edu.mx, 2 getzeman.tuxpan@upaep.edu.mx, 3virginia.sedeno@upaep.mx

Resumen

SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19 afecta el sistema respiratorio, presentándose de forma asintomática, leve o severa. SARS-CoV-2 ingresa a las células mediante el dominio de unión al receptor (RBD) de su proteína espícula (S) interaccionando con el dominio extracelular del receptor de la enzima convertidora de angiotensina2 (ECA2), S es escindida por la proteasa TMPRSS2. El estudio de la expresión de ECA2 ayudaría a comprender cómo los factores del hospedero facilitan el ingreso de SARS-COV-2 determinando el cuadro clínico. Evaluar el nivel de transcripción de ECA2 en ARNm de leucocitos de sangre periférica de pacientes que cursaron con COVID-19 y pacientes con la infección activa. Se invitó

a participar voluntariamente a pacientes que cursaron con COVID-19 y pacientes con la infección activa, se les tomó una muestra de sangre venosa periférica y se extrajo ARN de leucocitos totales. Se diseñaron oligonucleótidos para amplificar los genes *ecaz* y *hprt* por RT-PCRq, los resultados se analizarán por el método 2^{-DDCT}. Se obtuvo por RTPCR de punto final la temperatura óptima de alineamiento para *ecaz* y *hprt*, misma que se utilizó para la validación de las eficiencias de amplificación de ambos genes por RTPCRq con diferentes concentraciones de ARNm.

Palabras clave: ECA2, ARNm, COVID-19.

Abstract

SARS-CoV-2, which causes the COVID-19 disease, affects the respiratory system, presenting itself asymptotically, mildly or severely. SARS-CoV-2 enters cells via the receptor-binding domain (RBD) of its spike protein (S) interacting with the extracellular domain of the angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) receptor peptidase, S is cleaved by the TMPRSS2 protease. The study of the expression of ACE2 would help to understand how host factors facilitate the entry of SARS-COV-2, determining the clinical picture. To evaluate the level of ACE2 transcription in mRNA of peripheral blood leukocytes from patients who had COVID-19 and patients with active infection. Patients COVID-19

recovered and patients with the active infection were invited to participate voluntarily, a peripheral venous blood sample was taken, and RNA was extracted from total leukocytes. Oligonucleotides were designed to amplify the *ecaz* and *hprt* genes by RT-PCRq, the results will be analyzed by the 2-^{DDCT} method. The optimal annealing temperature for *ecaz* and *hprt* was obtained by end-point RTPCR, which was used to validate the amplification efficiencies of both genes by RTPCRq with different concentrations of mRNA.

Keywords: ACE2, RNAm, COVID-19.

- SDRS, Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda.
- TMPRSS2, Serina proteasa celular de transmembrana 2.
- ECA2, Enzima convertidora de angiotensina 2.
- TH1, Linfocitos T cooperadores.
- RBD, Dominio de unión al receptor
- LDH, Lactato deshidrogenasa.
- AST, Alanina aminotransferasa.
- PCR, Reacción de polimerasa en cadena.
- PAMP, Patrones moleculares asociados a patógenos.
- NK, Natural killer.
- CTL, Linfocitos T citotóxicos
- MHC, Complejo mayor de histocompatibilidad.
- IFITM, Proteína de transmembrana inducida por interferón.
- ADNC, Acido desoxiribonucleico complementario
- TAE, Tris acetato-etilen diamin tetraacético

Introducción

El virus del SarsCov2 afecta principalmente las vías respiratorias provocando tos, fiebre, falta de aire e insuficiencia respiratoria (Fotuhi W, *et al* 2021); además puede incluir una gama de manifestaciones neurológicas; como anosmia, convulsiones, accidente cerebrovascular, confusión, encefalopatía y parálisis total (Mao L, *et al* 2020).

SARS-CoV-2 se transmite entre humanos por vía respiratoria a través de gotas de saliva, secreciones respiratorias y mediante el contacto con superficies contaminadas con el virus que son llevadas a la cara, de manera que el virus puede penetrar a través de las mucosas de nariz, boca y ojos. Se ha observado que el virus persiste en niveles más altos en superficies impermeables, como acero inoxidable y plástico, que en superficies permeables como el cartón (OMS, 2022). La transmisión persona—persona del SARS-CoV-2 ocurre por contacto directo con pacientes o portadores de incubación. Un alto número de individuos infectados son asintomáticos y existe evidencia de que portadores asintomáticos y presintomáticos pueden transmitir el virus (Guo Y, *et al.*, 2020).

Los individuos infectados producen una gran cantidad de virus en el tracto respiratorio superior durante el periodo de incubación, lo que conduce a la propagación en el periodo de latencia de la infección 2 a 3 días antes del inicio de los síntomas, previo a llegar a la carga viral más alta en el tracto respiratorio superior, la cual parece alcanzar su punto máximo alrededor del momento del inicio de los síntomas (Ganyani T, *et al.*, 2020).

Las complicaciones causadas por el COVID-19 incluyen una mala función cardíaca, cerebral, pulmonar, hepática, renal y alteración en el proceso de coagulación. Estas complicaciones pueden causar miocarditis, cardiomiopatías, arritmias ventriculares e inestabilidad hemodinámica. Pacientes con enfermedad severa pueden presentar enfermedad cerebrovascular aguda y encefalitis. Se ha observado que del 31 % a 59 % de pacientes que se encuentran en la unidad de cuidados intensivos llegan a presentar trastornos tromboembólicos arteriales y venosos. El diagnóstico para COVID-19, principalmente es mediante la prueba de PCR (Reacción de polimerasa en cadena) (Wiersinga, WF *et al* 2019). El mecanismo de entrada a la célula humana es mediante la interacción entre el RBD de la proteína S del virus con el dominio extracelular de la peptidasa de la

proteína transmembranal ECA2 y la escisión de S por la proteasa TMPRSS2 (Dalan R, *et al.*, 2020).

La ECA2 es una glucoproteína transmembrana tipo 1, se conoce como una enzima homóloga de la ECA pero con un efecto contrario a esta, ya que mientras la ECA cataliza angiotensina I a angiotensina II para causar vasoconstricción y reabsorción de sodio, la ECA2 permite la conversión de la angiotensina II a angiotensina 1-7, la cual tiene acciones vasodilatadoras, antiinflamatorias y cardioprotectoras mediadas por óxido nítrico que limitan el efecto vasoconstrictor de angiotensina II, se sabe que también convierte la angiotensina I en angiotensina 1-9 que podría tener efectos antihipertensivos (Soler, J. M. *et al.*, 2008; Moya, J *et al.*, 2015).

El gen de la ECA2 se localiza en el cromosoma X (Xp22) y codifica una proteína de 805 aminoácidos (Soler, J.M *et al.*, 2008). Inicialmente ECA2 se identificó en riñón, corazón y testículos, actualmente se sabe que también podemos encontrarla en hígado, sistema nervioso central, sistema gastrointestinal y pulmones, en este último específicamente en células epiteliales tipo 1 y 2, así como en capilares endoteliales (Soler, J.M *et al.*, 2008). La presencia de ECA2 en los pulmones es especialmente importante en la fisiopatología del SARS-CoV-2, ya que el primer paso para la invasión de SARS-CoV-2 es la fijación de su proteína S con el receptor celular ECA2. Una característica de las proteínas de superficie de SARS-CoV-2 es su estructura formada por una unidad de superficie N terminal (S1), que alberga el dominio de unión al receptor, y una unidad transmembrana C-terminal (S2) que corresponde al dominio para la fusión a la membrana celular. La escisión proteolítica de las unidades S1 y S2 por las proteasas ECA2 y TMPRSS2 permite la fusión del virus a la membrana celular y siendo S2 la unidad que permite el ingreso del ARN viral a las células (Lam-Cabanillas. E *et al.*, 2021).

Se ha confirmado que la presencia de ECA2 es fundamental para que SARS-CoV-2 sea capaz de invadir las células epiteliales alveolares pero también se ha demostrado que la ECA2 tiene un efecto protector contra esta infección, ya que esta enzima tiene 2 formas, una con dominio extracelular que sirve como receptor para la proteína S y una forma soluble que carece del dominio de fijación para la proteína S, esta última forma puede actuar como un competidor-interceptor del virus, previniendo la fijación de la proteína espícula a las membranas celulares, además de que la ECA2 disminuye las concentraciones de la angiotensina II, la cual participa de manera importante en la respuesta inflamatoria y complicaciones causadas por el virus, el agotamiento del receptor ECA2 ha sido vinculado a una evolución más severa del cuadro respiratorio agudo del SARS-Cov-2, esta hipótesis ha sido sustentada en modelos experimentales en ratas KO (knockout) para ECA2 expuestas a daño pulmonar agudo inducido por aspiración de ácido, estas recibieron rECA2, posteriormente se vio que el daño pulmonar disminuyó, al contrario de los modelos en

donde había menos concentración de ECA2 y gran cantidad de angiotensina II en donde el daño pulmonar fue mucho mayor (Cano, F *et al.*, 2020).

El estudio de la expresión de los genes ECA2 ayudaría a comprender cómo los factores del hospedero facilitan la entrada al virus y su correlación con la presentación de la enfermedad (Li F *et al.*, 2013). El objetivo del presente trabajo es evaluar el nivel de transcripción de *eca2* y correlacionarlo con la presentación clínica de la enfermedad.

Materiales y métodos

Obtención de las muestras

A través de las páginas web de UPAEP y de CONCyTEP se invitó de manera voluntaria a pacientes que cursaron con COVID-19 con diagnóstico por RT-qPCR de SARS-CoV-2 con al menos un mes previo a participar en el estudio, aquellos pacientes quienes acepten se les dio una carta de consentimiento informado y personal capacitado les tomó una muestra de sangre venosa periférica.

Purificación de leucocitos

Las muestras de sangre periférica se centrifugaron a 3000 rpm por 20 minutos, se extrajeron los leucocitos totales visualizado como un anillo blanco en la interfase entre el plasma y el paquete globular, a los leucocitos se le agregó 7.5 ml de solución de lisis de eritrocitos (NH_4Cl 0.15M, KHCO_3 10mM y Na_2EDTA 0.1mM), se mezcló vigorosamente por inversión de 15 a 30 segundos y se incubó por 12 minutos a 4 °C. Enseguida se centrifugó a 2000 rpm por 5 minutos, se decantó y al concentrado de leucocitos se le realizó 2 lavados consecutivos con 5 ml de la solución de lisis, centrifugando a 1700 rpm (480 xg) por 5 minutos, hasta dejar el botón de leucocitos sin eritrocitos, el cual se lavó con 5 ml de solución salina.

Extracción de ARN

Preparación inicial: Una vez obtenidos los leucocitos totales, se añadió 1 ml del reactivo Trizol (marca Invitrogen); a través de la homogenización mediante el pipeteo, se disolvieron por completo los agregados celulares visibles hasta que se observó una ligera viscosidad de la suspensión. Posteriormente, se transfirió todo el volumen a un tubo eppendorf de 1.5 ml (estéril). **Separación en dos fases:** Se dejó reposar por 1 min y posteriormente se adicionó 0.2 ml de cloroformo por cada 1 ml de Trizol, se incubó el tubo durante 5 min a temperatura ambiente. Después de esto, el tubo se agitó vigorosamente por 30 seg y se centrifugó a 12000 rpm por 15 min a 4 °C. Luego de centrifugar la muestra, se observaron las dos fases, de la cual la fase acuosa transparente (incolora) se transfirió a un nuevo tubo eppendorf (estéril). **Precipitación del ARN:** A la fase acuosa

se le agregó 0.5 ml de alcohol isopropílico o isopropanol por cada 1 ml de Trizol. Se mezcló por inversión suavemente por 30 seg y se incubó a temperatura ambiente por 10 min. Posteriormente, se centrifugó a 12000 rpm por 10 min a 4 °C; una vez terminado, se obtuvo un pellet (pastilla blanca). **Lavado del ARN:** Se desechó el sobrenadante y se realizó un solo lavado con etanol al 75 %. Se usó 1 ml de etanol por cada ml de Trizol, y finalmente, se centrifugó a 7500 rpm por 10 min a 4 °C. **Hidratación del ARN:** Una vez centrifugado, se dejó secar por aproximadamente 5 min a temperatura ambiente. Se hidrató con agua estéril (de acuerdo al tamaño de la pastilla) y se almacenó finalmente a -70 °C para su posterior uso.

Nota: Se tomó la precaución de no secar demasiado el pellet debido a que puede degradarse o puede impedir la solubilidad de la pastilla.

Verificación de la integridad de ARN total mediante electroforesis el gel de agarosa

En esta técnica el ARN se muestra con dos bandas, que corresponden a las subunidades ribosomales 18S y 28S. Se prepara un gel de agarosa al 1 % en buffer TAE, al cual se le agrega un agente intercalante para visualizar los ácidos nucleicos, se aplican las muestras en los pozos del gel y se aplica voltaje de 100 volts, durante 40 min. Después de finalizar el tiempo de corrida, se visualiza el gel con ayuda del transiluminador. (Checa, A 2016).

Cuantificación de ARN total

Para la cuantificación de ARN total se usó el espectrofotómetro UV-visible-QIAxpert-Qiagen del Centro de Investigación Oncológica Una Nueva Esperanza, a una longitud de onda de 260 nm para determinar las concentraciones medias de los ácidos nucleicos ADN o ARN presentes en una mezcla, así como su pureza. El análisis espectrofotométrico se basa en el principio de que los ácidos nucleicos absorben la luz ultravioleta siguiendo un patrón específico. (Castellanos I, 2018).

RT-PCR de punto final para la amplificación de ECA2

Se usó el sistema comercial Verso 1-Step RT-PCR ReddyMix Kit (marca Thermo Scientific), se prepararon reacciones independientes para cada gen de la siguiente manera; 0.2 µl de Verso Enzyme Mix que incluye inhibidor de ARNasa para proteger el ARN de su degradación, 5 µl de 2X 1-Step PCR ReddyMix el cual es una mezcla de reacción que permite la transcripción inversa y la amplificación por PCR, 0.5 µl de enzima RT Enhancer que elimina la contaminación de ADN en caso de que la muestra presenta trazas del mismo; en cuanto a la concentración final de oligos, se ajustan a una concentración 12 µM, se usan 1 µl de oligo sentido y 1 µl

Oligo antisentido para cada reacción, 1 µl de ARN, 1.3 µl de agua, para un volumen final de 10 µl.

Método 2^{-ΔΔCT} para la cuantificación relativa de ECA2

Fundamento: El algoritmo 2-ΔΔCt (también conocido como delta-delta-Ct o algoritmo DDCT), es un método usado para cuantificar y analizar los cambios relativos (qRT-PCR) en la expresión génica a nivel fisiológico, este método fue desarrollado por Applied Biosystems (Perkin Elmer, Forster City, CA), y consiste en obtener cuantificaciones rápidas de muchos genes de interés (gen problema) con respecto a un gen de referencia, o gen de expresión constitutiva (Lázaro P, *et al.*, 2019)

Forma de obtención de cálculo de -ΔΔCT:

- ΔCT = CT (gen problema ECA2) – CT(gen de referencia HPRT)
- ΔΔCT = ΔCT (pacientes con COVID-19) – Δ CT (grupo control)
- 2-ΔΔCT ± S = donde S = desviación estándar = $(S_1^2 + S_2^2)^{1/2}$
- S1 es la desviación estándar de los CT de *ecaz* en el grupo control y S2 es la desviación estándar de los CT de ECA2 en el grupo con COVID-19.
- 2^{-ΔΔCT ± S}: veces de incremento y decremento de la transcripción de los genes *ecaz* del grupo con COVID-19 respecto al grupo control.

Retrotranscripción

Se usó el kit *RevertAid First Strand ADNc Synthesis* (marca Thermo Scientific), que contiene todos los componentes necesarios para realizar la RT. Cada reacción se elabora de la siguiente manera: 4 µl Buffer 5X, 2 µl de dNTPs Mix a 10 mM, 1 µl Hexámeros, 1 µl Inhibidor de ARNasa RiboLock, 1 µl enzima RT RevertAid M-MuLV, se utilizaron 5 concentraciones de ARNm 67ng/ml, 33.5ng/ml, 16.75ng/ml, 8.37ng/ml y 4.18ng/µl y completando con agua estéril a un volumen final de 20 µl. Se usaron las siguientes condiciones para la síntesis de ADNc: 25°C por 10 min, 48°C por 30 min, 95°C por 5 min, Holder 4°C, se almacenaron a -20 °C (solo si el ADNc no es usado en ese momento).

PCR en tiempo real (PCRq)

Se usó el equipo Rotor-Gene Q (Qiagen) y el producto comercial SYBR Green PCR Master Mix (marca Thermo Scientific), el contenido de la mezcla de reacción: 5 µl de Buffer SYBR Green, los oligos se agregan según la reacción que corresponde a cada gen: 0.9 µl oligo sentido y 0.9 µl de oligo antisentido de *hpvt/ecaz2*. A cada reacción se le agregan 2 µl de ADNc y se llevan a un volumen final de 10 µl con agua estéril. Se usa tira de micro tubos para reacción,

cada una por duplicado, el perfil de temperaturas para la amplificación fue 50°C por 2 minutos, 94°C por 2 minutos, se programan 40 ciclos para 94°C por 1 minutos, 58°C por 30 segundos, 72°C por 1 minuto. Al final se agregan las temperaturas para construir la curva de disociación.

Validación de las eficiencias de amplificación de los genes *ecaz* y *hprt* Se obtuvieron los CT (ciclos umbrales) de cada gen (*ecaz* y *hprt*) y se realizó el método DCT, el cual fue graficado en función del logaritmo de la concentración de las diferentes concentraciones (67 a 4.18 ng/ μ L). Se calculan y comparan las eficiencias de amplificación de los genes. (Aguilera, A *et al.*, 2014)

Bioética

El protocolo se realizó bajo las disposiciones correspondientes a la normativa en materia de investigación en el área de la Salud en los Estados Unidos Mexicanos establecida en los siguientes Códigos hasta la actualidad.

Código de Nüremberg (actualización en octubre de 2008; Seúl, Corea) y la Declaración de Helsinki (última modificación en el Congreso de Tokio, Japón en 1983) las cuales establecen que la finalidad

de la investigación biomédica que implique a personas es de mejorar los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos, así como el de la etiología y patogénesis de la enfermedad. Este estudio se apoyó conforme a los principios éticos para la protección de los sujetos humanos de investigación, según El Informe Belmont (Sánchez, J *et al.*, 2021) fundamentado en el principio de beneficencia (apartado B: Principios éticos básicos) el cual hace mención

en respetar las decisiones de las personas, esforzándose para asegurar un bienestar.

Reglamento de la Ley General en Salud en materia de investigación, que establece los lineamientos y principios a los que debe someterse la investigación científica y tecnológica destinada a la salud. Se toma principalmente a consideración los artículos 13, 14 (fracciones I y de IV a VIII), 16, 17 (fracción II) 18 y del 20 al 23, relativos a la investigación en seres humanos y catalogando esta como de riesgo mínimo.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2007 que establece los criterios normativos de carácter administrativo, ético y metodológico obligatorio para realizar proyectos o protocolos de investigación en salud, respecto a los cuales se les da mayor peso a los contenidos en los puntos 5.5, 5.6, 5.8 a 5.12, 6.1, 6.2, 7.1, 10, 11 y 12.

Resultados/ Discusión de resultados

Integridad y cuantificación del RNA

Se han procesado 196 muestras de sangre periférica de pacientes recuperados de COVID-19 (71 de la primera ola y 125 de la segunda ola), además de 25 muestras de pacientes con la infección activa. Debido a la viabilidad de las muestras, en total se han extraído 112 ARNs de los leucocitos de sangre periférica, tanto de pacientes recuperados (92 muestras) como con infección activa (20 muestras).

Posteriormente se verificó la integridad de las muestras de los ARN's visualizándolos por electroforesis en gel de agarosa al 1 % que se muestra en la Figura 1.

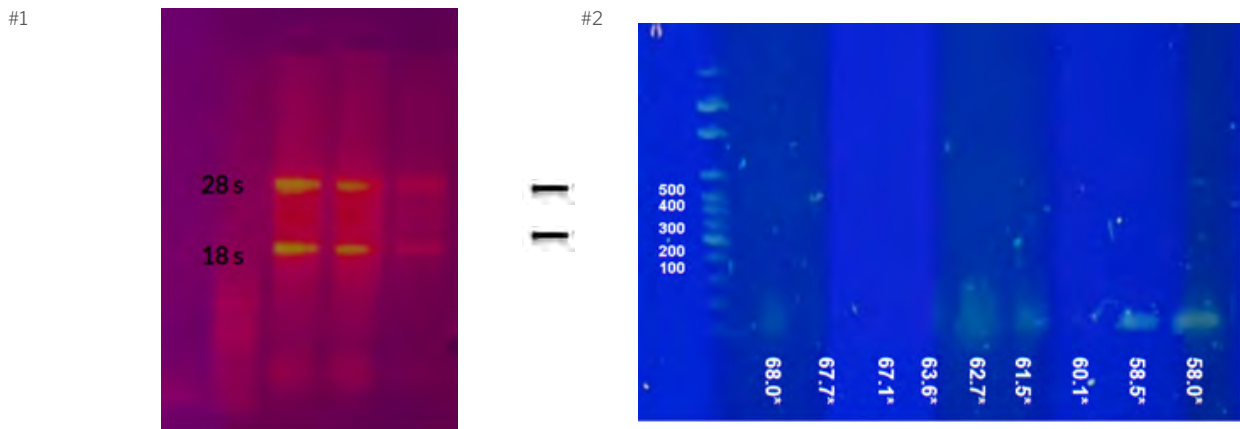


Figura 1. Gel de agarosa donde se muestran con flechas negras las bandas 18s y 28s de los RNAs (imágenes obtenidas durante este trabajo)

Figura 2. En el gel de agarosa se observan bandas definidas marcadas con flechas negras en las temperaturas 58 y 58.5 entre los pesos 100 y 200 (imágenes obtenidas durante este trabajo)

Estandarización de la amplificación por RT-PCR de punto final para el gen *eca2*

Se realizó un gradiente de temperatura de 58-68 °C para identificar la temperatura óptima de alineamiento, para la amplificación de ECA2 por RT-PCR de punto final, encontrándose a las temperaturas de 58 y 58.5 °C un producto de RT-PCR entre las bandas 100 y 200 del marcador del peso molecular; infiriendo que es el producto esperado (142 pares de pb) flanqueado por los oligonucleótidos diseñados (Tabla 1), dicho producto se corrió en un gel de agarosa que se muestra en la Figura 2. Posteriormente se realizará un análisis por RFLP con enzimas de restricción para corroborar que el producto obtenido es el amplicón esperado.

Tabla 1. Secuencia de los oligonucleótidos realizados por Dra. Nora Rosa Murrieta.

Nombre del primer	Secuencia	Amplicón
ECA2 expS	AGG AAC AGT CCA CAC TTG C	125pb
ECA2 expAS	CCG TTT GCT CTT GTC TTC TGA GA	

Estandarización de las condiciones de amplificación por RTPCR en tiempo real (PCRq)

Una vez identificada la banda del producto de amplificación para *eca2* por RTPCR de punto final, se realizó la estandarización de las condiciones de amplificación de los genes *eca2* y *hprt* por PCRq, se utilizaron los ADNc de las diferentes concentraciones 67, 33.5, 16.75, 8.37 y 4.18ng/μl. En la Figura 3 se muestra la curva de amplificación de *eca2* con las diferentes concentraciones de ARNm, y en la Figura 4 se muestra la curva de disociación de *eca2*, en la que se observa un solo pico correspondiente al producto deseado.

Figura 3. curvas de amplificación de *eca2* a diferentes concentraciones de ARNm (imagen obtenida en este estudio).

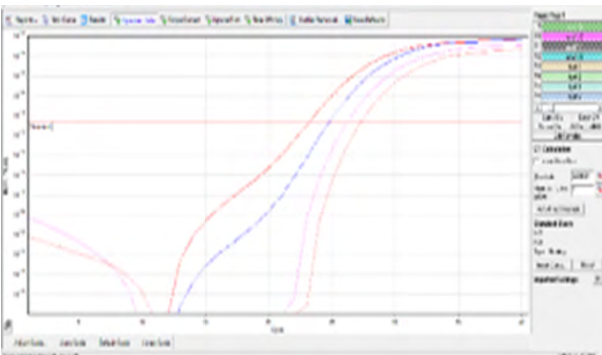
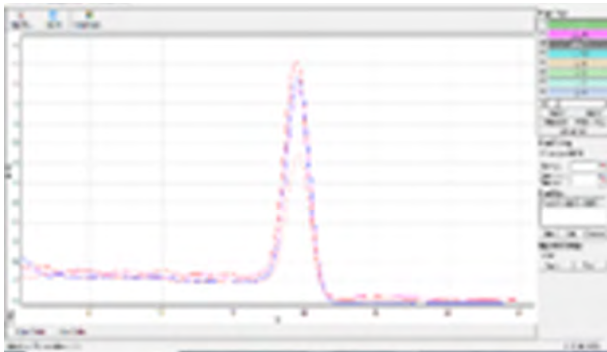


Figura 4. curvas de disociación de *eca2* a diferentes concentraciones de ARNm (imagen obtenida en este estudio)



Una vez verificadas las eficiencias de amplificación de cada gen se construyó la curva de validación, en la que se obtuvo una gráfica lineal con una pendiente de -0.2 para los genes *eca2* y *hprt* (Figura 5). La concentración óptima para la amplificación de *eca2* en las muestras de pacientes con COVID-19 recuperados y de la infección activa se tomará del punto medio del rango de concentraciones usadas 4.18ng/μl a 67ng/μl. Con estos resultados validamos el método ΔCT, la pendiente obtenida nos indica que las eficiencias de amplificación de los genes *eca2* y *hprt* son semejantes, esto indica que *hprt* puede ser utilizado como gen de referencia para el analizar la cuantificación relativa de la transcripción de *eca2*.

Figura 5. Gráfica de validación de las eficiencias de los genes *eca2* y *hprt* (imagen obtenida en este estudio)



Conclusiones

Hasta el momento se tienen muestras de ARN de pacientes que cursaron con COVID-19 y de pacientes con infección aguda, verificados en integridad y cuantificados. Se obtuvieron las condiciones óptimas para la amplificación por RT-PCR de punto final de *eca2* y *hprt*. Se realizó la validación de las eficiencias de amplificación de los genes *eca2* y *hprt*, determinando que *hprt* puede ser usado como gen de referencia para la cuantificación relativa de *eca2*, además se obtuvo el rango dinámico (67-4.18 ng/μl) de concentración para las muestras de pacientes.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación de UPAEP por el financiamiento otorgado al presente proyecto y por la confianza. Al programa de becarios de la dirección de investigación UPAEP, por motivarnos a enamorarnos de la investigación, de buscar soluciones a los problemas que ya existen y sobre todo por hacernos creer en la ciencia que nos impulsa a construir el conocimiento., nos da su entera capacitación para realizar las actividades de investigación. Al laboratorio del centro Investigación Oncológica (CIO) Una Nueva Esperanza.

Referencias bibliográficas

- Aguilera Alexis. (Junio 2014) Series de Fourier: Métodos de compresión mediante las DCT. Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
- Cano, F., Gajardo, M., & Freundlich, M. (2020). Eje Renina Angiotensina, Enzima Convertidora de Angiotensina 2 y Coronavirus [Renin Angiotensin Axis, Angiotensin Converting Enzyme 2 and Coronavirus]. *Revista chilena de pediatría*, 91(3), p. 330–338. <https://doi.org/10.32641/rchped.vi91i3.2548>
- Castellanos Cuéllar, Javier Ricardo Velandia Cabra, Miguel Ángel González Curbelo, Diana Angélica Varela Martínez, Eduardo Ramírez Valencia. Aplicaciones y generalidades de un espectrofotómetro UV-VIS UV-1800 1a edición / Bogotá: Universidad EAN, 2018
- Checa Rojas, A. (2017, 2 de octubre). Electroforesis en gel. Bioquímica y biología molecular. <https://conogasi.org/articulos/electroforesis-en-gel/>
- Dalan, R., Bornstein, S. R., El-Armouche, A., Rodionov, R. N., Markov, A., Wielockx, B., Beuschlein, F., & Boehm, B. O. (2020). The ACE-2 in COVID-19: Foe or Friend?. *Hormone and metabolic research = Hormon- und Stoffwechselsforschung = Hormones et métabolisme*, 52(5), p. 257–263. <https://doi.org/10.1055/a-1155-0501>
- Fotuhi M, Mian A, Meysami S, y Raji CA, «Neurobiología de COVID-19». *Revista de la enfermedad de Alzheimer. JAD [Internet]*. Junio 2020. [citado el 23 junio del 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.3233/JAD-200581>
- Lázaro Perona Fernando. Aplicación de técnicas de qPCR para la cuantificación relativa de enterobacterias. Universidad Autónoma de Madrid <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216581> May 21, 2019
- Li F. (2013). Receptor recognition and cross-species infections of SARS coronavirus. *Antiviral research*, 100(1), p. 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2013.08.014>
- Ganyani, T., Kremer, C., Chen, D., Torneri, A., Faes, C., Wallinga, J., & Hens, N. (2020). Estimating the generation interval for coronavirus disease (COVID-19) based on symptom onset data, March 2020. *Euro surveillance: bulletin European sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*, 25(17), 2000257. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.17.2000257>
- Guo YR, Cao QD, Hong ZS, Tan YY, Chen SD, Jin HJ, Tan KS, Wang DY y Yan Y. (2020). El origen, la transmisión y las terapias clínicas del brote de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19): una actualización del estado. *Investigación médica militar*, 7 (1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40779-020-00240-0>
- Lam-Cabanillas, E. (2021). Bases moleculares de la patogénesis de covid-19 y estudios in silico de posibles tratamientos farmacológicos (facultad de medicina humana urp, ed.) [review of bases moleculares de la patogénesis de covid-19 y estudios in silico de posibles tratamientos farmacológicos]. Facultad de medicina humana urp; facultad de medicina humana urp. <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/3327/4726>
- Mao L, Jin H, Wang M, Hu Y, Chen S, He Q, Chang J, Hong C, Zhou Y, Wang D, Miao X, Li Y, Hu B. Neurologic Manifestations of Hospitalized Patients With Coronavirus Disease 2019 in Wuhan, China. *JAMA Neurol*. 2020 Jun 1;77(6), p. 683–690. doi: 10.1001/jamaneurol.2020.1127. PMID: 32275288; PMCID: PMC7149362.
- Moya, Jackeline, Novoa, Ulises, Escudero, Nicolás, Barrientos, Víctor, Chiong, Mario, Lavandero, Sergio, Michea, Luis, Jalil, Jorge, & Ocaranza, María Paz. (2015). El efecto anti-hipertensivo de Angiotensina-(1-9) es mediado por aumento temprano de la diuresis y natriuresis. *Revista chilena de cardiología*, 34(2), p. 120–129. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-85602015000200006>
- Organización Mundial de la Salud. (2002). Coronavirus (OMS, Ed.) [Review of Coronavirus]. OMS; OMS.
- Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus>
- Sánchez López, J. D., Cambil Martín, J., & Luque Martínez, F. (2021). Informe Belmont. Una crítica teórica y práctica actualizada [Belmont report. A theoretical and practical reviewed]. *Journal of healthcare quality research*, 36(3), p. 179–180. <https://doi.org/10.1016/j.jhq.2020.01.011>
- Soler, M. J., Lloveras, J., & Batlle, D. (2008). Enzima conversiva de la angiotensina 2 y su papel emergente en la regulación del sistema renina-angiotensina [Angiotensin converting enzyme 2 and its emerging role in the regulation of the renin angiotensin system]. *Medicina clínica*, 131(6), p. 230–236. <https://doi.org/10.1157/13124619>
- Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. *JAMA*. 2020;324(8): p. 782–793. doi:10.1001/jama.2020.12839

Morfología de las neuronas piramidales de la corteza somatosensorial de ratas diabéticas con periodontitis

^aEspinoza Hernández María Guadalupe y ^aFlores Tochihiutl Julia

^aLaboratorio multidisciplinario, Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), 31 Poniente 1304, Los Volcanes, C.P. 72410 Puebla, Puebla, México.

*mariageh2o@gmail.com

Resumen

La periodontitis es una patología inflamatoria; conforme avanza la enfermedad hay pérdida de dientes que genera discapacidad, baja autoestima y calidad de vida reducida. La diabetes *mellitus* (DM) describe un grupo de enfermedades metabólicas, cuyo hallazgo común es la hiperglucemia. Ambas son enfermedades crónicas que están relacionadas, entre las consecuencias de esta asociación se han reportado afectaciones al sistema cardiovascular, pero se desconocen las posibles consecuencias al sistema nervioso central. Se realizó el análisis de Sholl de neuronas de ratas hembra y macho de la cepa Zucker con y sin periodontitis, para conocer y comparar la geometría neuronal: arborización dendrítica, longitud dendrítica y longitud dendrítica total. La diabetes aumentó

la arborización dendrítica, la longitud dendrítica y la longitud dendrítica total, en cambio, la diabetes-periodontitis disminuyó estos parámetros en ambos grupos y hemisferios evaluados. La diabetes induce cambios de plasticidad más marcados que la periodontitis, en donde existen varios factores y mecanismos involucrados en el crecimiento del árbol dendrítico después del daño en los modelos animales estudiados. La periodontitis puede tener consecuencias importantes en la remodelación de la geometría de las neuronas de la corteza somatosensorial en ratas.

Palabras clave: Periodontitis, Diabetes, Morfología neuronal, Corteza somatosensorial.

Abstract

Periodontitis is an inflammatory pathology; as the disease progresses there is tooth loss that generates disability, low self-esteem and reduced quality of life. Diabetes mellitus (DM) describes a group of metabolic diseases, whose common finding is hyperglycemia. Both are chronic diseases that are related; among the consequences of this association, the cardiovascular system has been reported to be affected, but the possible consequences for the central nervous system are unknown. Sholl analysis of neurons from female and male rats of the Zucker strain with and without periodontitis was performed to determine and compare neuronal geometry: dendritic arborization, dendritic length and total dendritic

length. Diabetes increased dendritic arborization, dendritic length and total dendritic length, while diabetes-periodontitis decreased these parameters in both groups and hemispheres evaluated. Diabetes induces more marked plasticity changes than periodontitis, where several factors and mechanisms are involved in the growth of the dendritic tree after damage in the animal models studied. Periodontitis may have important consequences on the remodeling of the geometry of somatosensory cortex neurons in rats.

Keywords: Periodontitis, Diabetes, Neuronal morphology, Somatosensory cortex.

- OMS, Organización Mundial de la Salud.
- DM, Diabetes mellitus.
- CSS, corteza somatosensorial.
- SIVEPAB, Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales.
- HbA_{1c}, hemoglobina glucosilada.
- RANKL, ligando del receptor activador para el factor nuclear κ B.
- V₁, rama oftálmica.
- V₂, rama maxilar.
- V₃, rama mandibular.
- AGE, productos finales de la glicación avanzada.
- ROS, especies reactivas del oxígeno.
- TNF, factor de necrosis tumoral.
- PCR, proteína C reactiva.
- IL6, interleucina-6.
- TNF- α , factor de necrosis tumoral alfa.
- MMP, metaloproteinasa de matriz.
- ICAM, molécula de adhesión intercelular.
- NOD, ratón diabético no obeso.
- BB-DP, rata de crianza biológica-Diabetes propensa.
- LETL, long evans Tokushima.
- ZRF, ratas obesas Zucker.
- ZDF, ratas obesas diabéticas Zucker.
- SI, corteza somatosensorial primaria.
- SII, corteza somatosensorial secundaria.
- VPM, núcleo ventral posterior medial.
- ETM, movimiento dental experimental.
- IOR, región oral insular.
- NO, núcleo *oralis*.
- VPL, ventroposterolateral.
- ETM, movimiento dental experimental.
- EDP, plasticidad dependiente de la experiencia.

Introducción

La periodontitis es una enfermedad inflamatoria multifactorial crónica asociada con la acumulación de placa dental, caracterizada por la destrucción progresiva del aparato de soporte de los dientes, incluidos el ligamento periodontal y el hueso alveolar (Kwon *et al.*, 2021). La periodontitis es la patología bucal inflamatoria más común en las personas adultas, aunque también puede presentarse en edades tempranas. Esta patología es inducida por bacterias que son reguladas por el huésped y por factores ambientales, inmunológicos y dietéticos (Bascones y Figuero, 2005).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2016 (Carissa, 2016), la diabetes *mellitus* (DM) es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce suficiente insulina o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. Una característica de la diabetes no controlada es la hiperglucemia.

La DM tiene una repercusión significativa en la periodontitis por el aumento de la respuesta inflamatoria a la infección bacteriana y la regulación es más complicada. En el periodonto, el proceso inflamatorio se asocia

con la respuesta inmune innata y adaptativa, aumenta la osteoclastogénesis y disminuye la formación de hueso reparador. La diabetes aumenta varios factores: el ligando del receptor activador para el factor nuclear κ B (RANKL), los productos finales de la glicación avanzada (AGE), las especies reactivas del oxígeno (ROS) y el factor de necrosis tumoral (TNF) que estimulan los osteoclastos (Bascones y Figuero, 2005).

Todo estímulo o cambio debido a la periodontitis y la diabetes que presenta un paciente es recibido por los receptores ubicados en el ligamento periodontal; esta información viaja a la corteza somatosensorial. El recorrido es mediado por las neuronas de la vía trigeminal que intervienen en la conducción de la información hacia la corteza somatosensorial y de esta manera proporciona retroalimentación para generar determinadas respuestas (Diel *et al.*, 2021). Debido a las citadas enfermedades es posible que se afecte la morfología de las neuronas. Los posibles cambios en las neuronas se conocen como respuestas de plasticidad, lo que a su vez puede afectar el procesamiento central y la comunicación interneuronal.

Por lo anterior es necesario promover la investigación clínica, así como la investigación básica en modelos *in*

vivo para conocer cómo se afecta la Corteza somatosensorial (CSS) ante la presencia de estas 2 enfermedades de prevalencia mundial, nacional y estatal. El propósito de la presente investigación es aportar nueva información a corto plazo con respecto a la plasticidad neuronal de la capa V de la CSS de ratas diabéticas que será de utilidad en el campo de la Estomatología con respecto a profundizar en el conocimiento de las consecuencias de la relación diabetes y periodontitis. A mediano plazo se aportará información a las y los estomatólogos para la mejor atención del paciente diabético con periodontitis y de esta manera poder disminuir las consecuencias al sistema nervioso central y la inversión de recursos destinados para tal fin por parte del paciente.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

- De acuerdo a la intervención del investigador: observacional.
- De acuerdo con la evolución del fenómeno en el tiempo: retrospectivo.
- De acuerdo al número de mediciones: transversal.
- De acuerdo al número de variables: analítico.

Definición de la población

Los dibujos de neuronas de ratas hembra y machos de la cepa Zucker con y sin periodontitis se obtuvieron del proyecto de tesis de maestría titulado: *Cambios morfológicos del subnúcleo oralis de ratas diabéticas con inducción de periodontitis* (Peral y Flores-Tochihuitl, 2017). Los dibujos fueron obtenidos después de aplicar los criterios de inclusión adecuados para realizar el análisis de Sholl.

Selección de la muestra

Por conveniencia:

Los dibujos se extrajeron de un proyecto antecesor: *Cambios morfológicos del subnúcleo oralis de ratas diabéticas con inducción de periodontitis* (Peral y Flores-Tochihuitl, 2017). Los criterios para realizarlos fueron los siguientes:

- Tejido nervioso (tallo encefálico) que no se encuentre fragmentado ni que dificulte la observación del área de interés (subnúcleo oralis).
- Neuronas bien teñidas, completas y aisladas para poder distinguir las dendritas.
- Neuronas multipolares con un soma en forma piramidal con una medida de 10-13 μm o con una forma fusiforme con una medida de 20-25 μm .

Criterios de selección de la muestra

- Inclusión:** dibujos de las neuronas bien teñidas, completas y aisladas para poder distinguir las dendritas.
- Exclusión:** dibujos de las neuronas que estén borrosos.
- Eliminación:** todos aquellos dibujos que no tengan la clave que los identifique.

Análisis de Sholl

Es un método de evaluación cuantitativa que permite el análisis de la morfología neuronal mediante imagen. Se obtiene contando el número de ramas dendríticas a una distancia dada del soma, y es una medida clave de la complejidad dendrítica. Se usará una plantilla transparente con anillos concéntricos equidistantes (10 μm) que será centrada sobre los trazados del árbol dendrítico, manteniendo en el centro al soma. Se contará el número de intersecciones dendríticas en los círculos concéntricos para estimar la arborización, será contabilizado para cada orden que se aleje del soma. La longitud dendrítica total se estimará por el número de círculos que intercepte cada dendrita.

El perfil de intersección de Sholl cuenta el número de veces que una dendrita se cruza con una esfera imaginaria de un radio dado centrado en el soma; por lo tanto, da una representación unidimensional de la complejidad de la dendrita tridimensional. Esta reducción en la dimensionalidad permite comparaciones intuitivas de densidades complejas de las estructuras dendríticas (Bird y Cuntz, 2019; Morales-Medina *et al.*, 2013).

Análisis estadístico

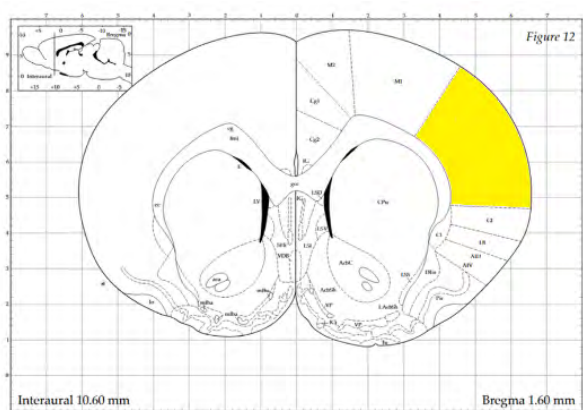
Los datos fueron procesados mediante los paquetes estadísticos SPSS versión 22 y Statgraphics Centurion, se utilizó estadística descriptiva para variables numéricas por medio de medidas de tendencia central y de dispersión, medidas de posición y de forma. Para evaluar los cambios morfológicos de la arborización dendrítica, la longitud dendrítica y la longitud dendrítica total de las neuronas de la capa cinco de la corteza somatosensorial, los datos obtenidos se expresaron como la diferencia y se evaluaron con el programa Graph Pad Prism 8.01 mediante el ANOVA de un factor. Para identificar las diferencias entre grupos se utilizó Tukey's test de múltiples comparaciones. Se consideró como significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados/ Discusión de resultados

El estudio evaluó la morfología de las neuronas piramidales de la capa V de la corteza somatosensorial bilateral en ratas diabéticas macho y hembra de la cepa Zucker con y sin periodontitis. A través del análisis de Sholl se cuantificó la arborización y longitud dendrítica, así como la longitud total de los distintos grupos de estudio.

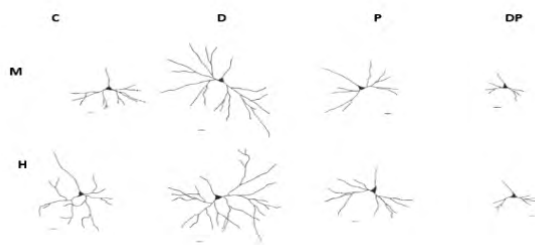
En la Figura 1 se muestra una sección coronal del Atlas del cerebro de rata de Paxinos & Franklin (2019), indica la zona de la CS (área sombreada) de la cual se realizaron los cortes de tejido que se utilizaron para el análisis de la morfología neuronal. Se muestran imágenes de neuronas de la capa V de la corteza somatosensorial, se observa el árbol basolateral de cada neurona (Figura 2).

Figura 1. Corteza somatosensorial. Sección coronal del Atlas: Paxinos and Franklin's the Mouse Brain in Stereotaxic Coordinates



Fuente: (Paxinos & Franklin, 2019).

Figura 2. Neuronas examinadas en la capa V de la corteza somatosensorial, (C) grupo control, (D) diabetes, (P) periodontitis, (DP) diabetes-periodontitis, (M) machos, (H) hembras



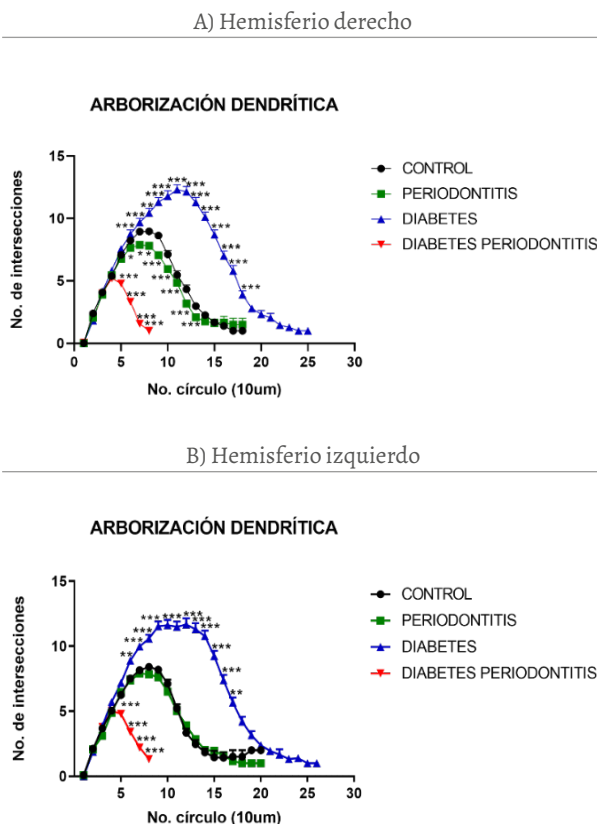
Morfología neuronal de la corteza somatosensorial en la rata macho

Arborización dendrítica

Para el caso de la arborización dendrítica en los machos se encontró que en el hemisferio derecho existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de estudio, específicamente un aumento de la arborización del grupo diabético y un decremento en el grupo de diabetes-periodontitis en comparación del grupo control ($p = 0.001$) (ANOVA de 1 vía). Posteriormente se realizó la prueba *post hoc* Tukey de comparaciones múltiples para identificar las diferencias específicas entre grupos. Las diferencias son las siguientes: aumento de la arborización dendrítica en el grupo de diabetes vs. control a las 80 μm ($p < 0.001$), 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 y 160 μm ($p < 0.0001$), y en comparación del grupo de periodontitis vs. control a las 70 μm ($p < 0.017$) 80 μm ($p < 0.015$) 90 μm ($p < 0.0007$). Se encontró disminución de la arborización dendrítica del grupo de diabetes-periodontitis vs. control a las 60 y 70 μm ($p < 0.0001$). También se observa un aumento en la arborización dendrítica del grupo de diabetes vs. periodontitis a las 70 μm ($p < 0.0195$) 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 y 160 μm ($p < 0.0001$). Por otro lado, se observa la disminución en los grupos de diabetes-periodontitis vs. diabetes y vs. periodontitis a las 60 y 70 μm ($p < 0.0001$) (Figura 3A).

En el hemisferio izquierdo, se observa que existe aumento de la arborización dendrítica en el grupo de diabetes vs el control a las 60 μm ($p < 0.0025$), 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 y 160 μm ($p < 0.0001$) y 170 μm ($p < 0.0052$). Se encontró aumento del grupo de diabetes en comparación del grupo de periodontitis a las 60 μm ($p < 0.0005$), 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 y 160 μm ($p < 0.0001$) y 170 μm ($p < 0.0003$). Por el contrario, se observa una disminución de la arborización dendrítica en el grupo de diabetes-periodontitis vs. el control, vs. periodontitis y vs. diabetes a las 60, 70 y 80 μm ($p < 0.0001$) (Figura 3B).

Figura 3. Arborización dendrítica de las neuronas de la capa V de los hemisferios A) derecho y B) izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas macho. n = 5 ratas por grupo. Prueba de ANOVA de 1 vía y *post hoc* Tukey de comparaciones múltiples, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ y *** $p < 0.0001$



Longitud dendrítica total

Se observan diferencias estadísticamente significativas de la arborización total del hemisferio derecho en los grupos de machos estudiados en comparación con el de control (ANOVA de 1 vía, $p = 0.0001$). Al realizar la *post hoc* de Tukey de comparaciones múltiples se identificaron las diferencias específicas entre los grupos; se observa que existe aumento en la arborización total entre el grupo de diabetes vs. control ($p < 0.0001$), y disminuye significativamente en los grupos de diabetes-periodontitis vs. control, vs. periodontitis y vs. diabetes, y periodontitis vs. diabetes ($p < 0.0001$) (Figura 4A).

En el hemisferio izquierdo se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados en comparación con el de control (ANOVA de 1 vía, $p = 0.0011$). Se encontró aumento de la arborización total en el grupo de diabetes vs. control ($p < 0.0180$), y, por el contrario, disminución significativa en los grupos de periodontitis vs. diabetes ($p < 0.0174$) y diabetes vs.

diabetes-periodontitis ($p < 0.0011$) (Prueba *post hoc* Tukey de múltiples comparaciones) (Figura 4B).

Longitud dendrítica

La longitud dendrítica de las neuronas piramidales del hemisferio derecho se observa aumentada en los grupos diabetes vs. control, disminuida en el grupo de diabetes-periodontitis vs. control, vs. periodontitis y vs. diabetes a las 30, 40, 50 μm ($p < 0.0001$). De la misma manera está disminuida en el grupo de periodontitis vs. diabetes a las 30, 40, 50 μm ($p < 0.0001$) (Prueba *post hoc* Tukey de comparaciones múltiples) (Figura 5A).

En el hemisferio izquierdo, las diferencias específicas entre los grupos son las siguientes: se observa que existe aumento de la longitud dendrítica del grupo de diabetes vs. control a las 30, 40, 50 μm ($p < 0.0001$), y disminuida en los grupos de diabetes-periodontitis vs. control a las 30 μm ($p < 0.0001$) y 40 μm ($p < 0.0079$). Está disminuida en el grupo de periodontitis vs. diabetes a las 30, 40, 50 μm ($p < 0.0001$), también en el grupo de diabetes-periodontitis vs. diabetes a las 30, 40 μm ($p < 0.0001$) y 50 μm ($p < 0.0416$), y vs. periodontitis a las 30 μm ($p < 0.0001$) y 40 μm ($p < 0.0168$) (Figura 5B).

Figura 4. Longitud dendrítica total de las neuronas de la capa V de los hemisferios A) derecho y B) izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas macho. n = 5 ratas por grupo. Prueba de ANOVA de 1 vía y *post hoc* Tukey de comparaciones múltiples, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ y *** $p < 0.0001$.

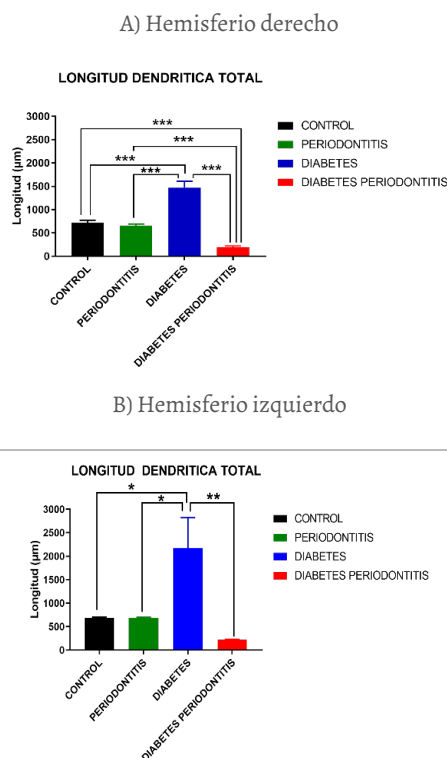
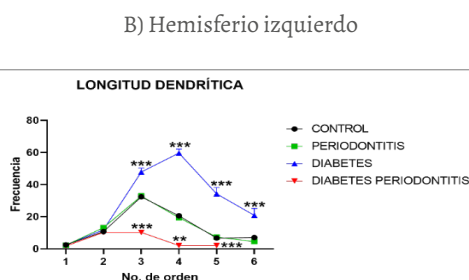
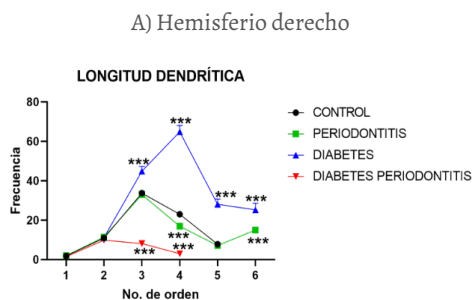


Figura 5. Longitud dendrítica de las neuronas piramidales de la capa V de los hemisferios A) derecho y B) izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas macho $n = 5$ ratas por grupo. Prueba de ANOVA de 1 vía y *post hoc* Tukey de comparaciones múltiples, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ y *** $p < 0.0001$.



Morfología neuronal de la corteza somatosensorial en rata hembra

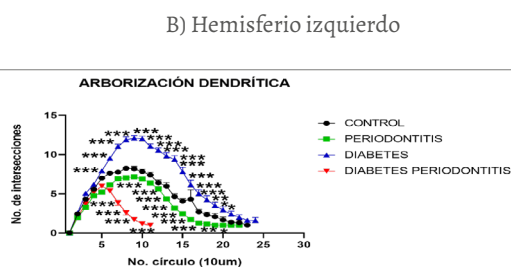
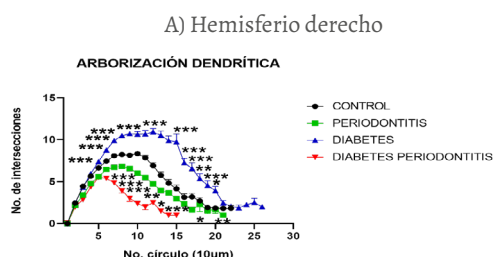
Arborización dendrítica

Las diferencias de la arborización dendrítica de las neuronas piramidales del hemisferio derecho de los grupos de hembras estudiados son las siguientes: aumento significativo en el grupo de diabetes vs. control a las 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 y 150 μm ($p < 0.0001$), 170 μm ($p < 0.0002$) y 180 μm ($p < 0.0214$), se observa disminuida en el grupo de periodontitis vs. diabetes a las 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 ($p < 0.0001$), 160 μm ($p < 0.0007$), 170 μm ($p < 0.0001$), 180 μm ($p < 0.0008$), 190 μm ($p < 0.0062$) y 200 μm ($p < 0.0281$). Del mismo modo, la arborización dendrítica disminuyó en el grupo de periodontitis vs. control a las 60 μm ($p < 0.0001$), 80 μm ($p < 0.0117$), 90 μm ($p < 0.0394$), 130 μm ($p < 0.0151$), 140 μm ($p < 0.0185$) y 150 μm ($p < 0.0133$). Sin embargo, la disminución es más notoria en los grupos de diabetes-periodontitis vs. control, vs. diabetes y vs. periodontitis a las 60, 70, 80, 90, 100 μm ($p < 0.0001$) (Figura 6A).

En el hemisferio izquierdo las diferencias identificadas, aunque mínimas, son estadísticamente significativas ($p = 0.0011$) (ANOVA de 1 vía) entre los distintos grupos en comparación del control. El aumento más notorio de la arborización dendrítica se observa en el grupo de diabetes

vs. control a las 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170 μm ($p < 0.0001$), 180 μm ($p < 0.0012$), 190 μm ($p < 0.0003$) y 200 μm ($p < 0.0149$). Cabe mencionar que la disminución se observa en el grupo de diabetes-periodontitis vs. control, vs. periodontitis y vs. diabetes a las 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170 μm ($p < 0.0001$), pero con menor significancia en los grupos de periodontitis vs. diabetes a las 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170 μm ($p < 0.0001$), 180 μm ($p < 0.0165$) y 190 μm ($p < 0.0067$) (Figura 6B).

Figura 6. Arborización dendrítica de las neuronas piramidales de la capa 5 de los hemisferios A) derecho y B) izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas hembra $n = 5$ ratas por grupo. Prueba de ANOVA de 1 vía y *post hoc* Tukey de comparaciones múltiples, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ y *** $p < 0.0001$.



Longitud dendrítica total

En ambos hemisferios de los grupos de hembras estudiados se identificaron diferencias estadísticamente significativas de la arborización total (ANOVA de 1 vía, $p = 0.0001$). Al evaluar las diferencias específicas entre los grupos se observa que en el hemisferio derecho la arborización total del grupo de diabetes aumentó en comparación con el de control ($p < 0.0001$). En contraste con lo anterior, disminuyó en el grupo de periodontitis vs. control ($p < 0.0003$). También disminuyó en el grupo de diabetes-periodontitis vs. control, vs. diabetes y vs. periodontitis ($p < 0.0001$). Al igual que los grupos anteriores disminuyó en el grupo de periodontitis vs. diabetes ($p < 0.0001$) (prueba *post hoc* de Tukey de comparaciones múltiples) (Figura 7A). En el hemisferio izquierdo se identificó aumento de la arborización total en el grupo de diabetes vs. control ($p < 0.0001$). Disminución en los grupos de diabetes-periodontitis vs. control, vs. periodontitis y vs. diabetes ($p < 0.0001$). Dicha disminución también se observa en el grupo de periodontitis vs. diabetes

($p < 0.0001$) y vs. control ($p < 0.0002$) (prueba post hoc de Tukey de comparaciones múltiples) (Figura 7B).

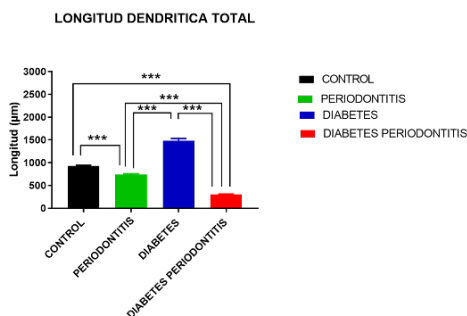
Longitud dendrítica

En el hemisferio derecho aumentó la longitud dendrítica de las neuronas piramidales del grupo de diabetes vs. control a las 40 y 50 μm ($p < 0.0001$). Por el contrario, disminuyó en el grupo de periodontitis vs. diabetes a las 40 μm ($p < 0.0001$) 50 μm ($p < 0.0249$); en el grupo de diabetes-periodontitis vs. control 40 y 50 μm ($p < 0.0001$), vs. periodontitis 30 μm ($p < 0.0001$) y vs. diabetes 30 y 40 μm ($p < 0.0001$) 50 μm ($p < 0.0056$) (prueba post hoc Tukey de comparaciones múltiples) (fig. 8A).

En el hemisferio izquierdo, la longitud dendrítica de las neuronas piramidales aumentó en el grupo de diabetes vs. control 30 μm ($p < 0.0037$) y 40 μm ($p < 0.0001$), y en el grupo de periodontitis vs. control 40 μm ($p < 0.0038$). Por el contrario, disminuyó en los grupos de diabetes-periodontitis vs. control 50 μm ($p < 0.0001$), vs. diabetes a las 30 y 40 μm ($p < 0.0001$) y vs. periodontitis 30 μm ($p < 0.0001$) 40 μm ($p < 0.0034$). Esto mismo se encuentra en el grupo de periodontitis vs. diabetes 30 y 40 μm ($p < 0.0001$) (prueba post hoc de Tukey de comparaciones múltiples) (Figura 8B).

Figura 7. Longitud dendrítica total de las neuronas de la capa 5 de los hemisferios A) derecho y B) izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas hembra $n = 5$ ratas por grupo. Prueba de ANOVA de 1 vía y post hoc Tukey de comparaciones múltiples, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ y *** $p < 0.0001$

A) Hemisferio derecho



B) Hemisferio izquierdo

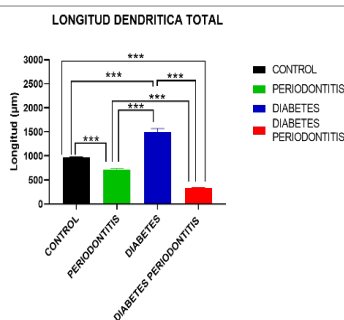
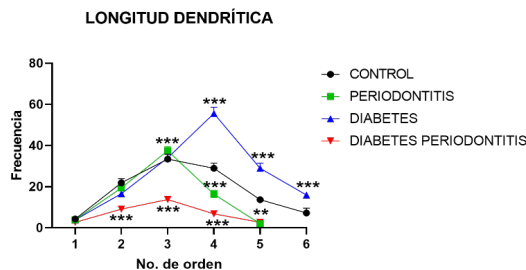
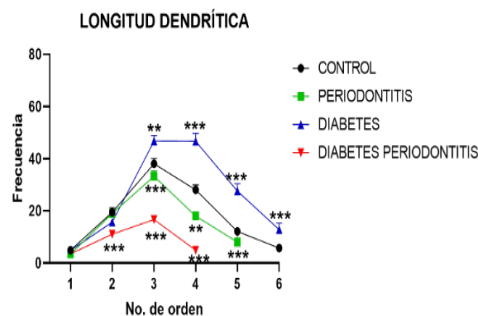


Figura 8. Longitud dendrítica de las neuronas de la capa 5 de los hemisferios A) derecho y B) izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas hembra $n = 5$ ratas por grupo. Prueba de ANOVA de 1 vía y post hoc Tukey de comparaciones múltiples, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ y *** $p < 0.0001$

A) Hemisferio derecho



B) Hemisferio izquierdo



En el presente estudio se analizó el efecto de la diabetes y la periodontitis sobre la morfología dendrítica: a) arborización dendrítica, b) longitud dendrítica y c) la longitud dendrítica total de las neuronas piramidales de los hemisferios derecho e izquierdo de la corteza somatosensorial de ratas macho y hembra de la cepa Zucker con y sin periodontitis, con la finalidad de conocer las consecuencias de la asociación de estas 2 patologías sobre esta zona cerebral.

El tratamiento de las enfermedades bucodentales en todo el mundo exhibe un gran impacto socioeconómico. Los datos obtenidos en 2015 del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales (SIVEPAB) muestran que en México de 115,248 personas adultas solo el 43,2 % presentó un periodonto sano (SIVEPAB, 2015). En el grupo de ratas estudiado con inducción de periodontitis se observó que disminuyó la arborización dendrítica, la longitud dendrítica y la longitud dendrítica total en el grupo de hembras, en ambos hemisferios. En los machos solo disminuyó la arborización dendrítica y la longitud dendrítica del hemisferio derecho. Se tiene evidencia de que la periodontitis tiene efectos sistémicos similares a la DM y a la obesidad que en conjunto contribuyen a cambios

patológicos en el hipocampo (Kose *et al.*, 2021). Flores-Tochihuitl *et al.* en 2021, al realizar estudios en este mismo modelo reportaron que la periodontitis juega un papel importante en la remodelación de las neuronas del subnúcleo *oralis* (NO) porque redujo la longitud dendrítica total en ratas macho, mientras que en el VPL no hubo cambios. Por lo tanto, se observa que las diferencias se encuentran no solo entre las neuronas de la vía trigémino-talámica, sino también en la corteza somatosensorial, como se reporta en el presente estudio, en donde principalmente las hembras mostraron los cambios en la geometría neuronal; este resultado pudo haber sido influenciado por los estrógenos.

Varios estudios han evidenciado el efecto del estradiol (E2) en la modulación del tejido nervioso ante una lesión, además participa en la reorganización del tejido nervioso denervado (García-Segura *et al.*, 2001). Dicha afirmación se refuerza con análisis enfocados en la salud de las mujeres que han revelado dimorfismos sexuales en muchas enfermedades de la salud oral. Ejemplo de enfermedades que son más comunes en mujeres que en hombres son: el trastorno de la articulación temporomandibular (TMD), la gingivitis relacionada con el embarazo y la pérdida ósea alveolar relacionada con la edad (Robinson *et al.*, 2020).

Las complicaciones de la DM a nivel del sistema nervioso incluyen axonopatías, enfermedades neurodegenerativas, neurovasculares y discapacidad cognitiva general (Luna *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos muestran que en las ratas diabéticas incrementó la longitud dendrítica, la arborización dendrítica y la longitud dendrítica total en ambos sexos y en ambos hemisferios cerebrales en comparación con el grupo control. En el caso de las ratas diabéticas Zucker se ha reportado el incremento de la microglia como respuesta al incremento de la interleucina 1β y al interferón γ dentro del hipocampo (Yun *et al.*, 2014) y los astrocitos en el hipocampo y la corteza prefrontal (Shirao y González-Billault, 2013). Se puede decir que estos cambios observados en la microglia atribuidos a estas citocinas proinflamatorias pueden presentarse también en zonas cerebrales como el NO, el TVPL y la corteza somatosensorial.

En el mismo sentido, investigaciones previas realizadas en humanos indican que la población diabética es más susceptible al deterioro cognitivo; Mairret-Coello *et al.* en 2013, realizaron estudios *in vitro* donde observaron que la aplicación de la metformina activó a la proteína quinasa activada por Adenosina monofosfato cíclico (AMPK), lo cual indujo la pérdida de las espinas dendríticas en las neuronas del hipocampo. Sumado a lo anterior, estudios previos de «Flores-Tochihuitl *et al.*, 2021,» realizados en este mismo modelo de diabetes-periodontitis muestran que la diabetes no indujo cambios en la arborización dendrítica, pero sí influyó en la disminución de la longitud dendrítica total de las neuronas del VPL en ambos sexos. Por su parte, en las neuronas del NO, no se observaron cambios en la arborización dendrítica del mismo modo que en la longitud dendrítica total.

Es importante enfatizar que, sumado a estas alteraciones periféricas, la DM puede afectar numerosos procesos en el SNC, incluidos la activación de la respuesta inflamatoria, la activación de los astrocitos y la microglia, el incremento del estrés oxidativo, la activación de la apoptosis, así como la reducción de los factores neurotróficos (Martínez-Tellez *et al.*, 2005). Todas estas acciones llevan al remodelado neuronal en áreas corticales e hipocampales observado en modelos animales de diabetes. Por ejemplo, la diabetes inducida por estreptozotocina en ratas macho diabéticas reduce la arborización dendrítica y el número de espinas dendríticas en la corteza prefrontal y el hipocampo (Flores-Gómez *et al.*, 2019). Similar a lo anterior, estudios realizados por Chen *et al.*, 2014, en el ratón macho db/db diabético tipo II mostraron la reducción del número de espinas dendríticas.

El grupo de las ratas diabéticas con periodontitis muestra disminución de la longitud dendrítica, de la arborización dendrítica y de la longitud dendrítica total en ambos sexos y hemisferios evaluados en comparación con el grupo control. El efecto de las infecciones periodontales en la DM se explica potencialmente por el aumento resultante en los niveles de mediadores proinflamatorios sistémicos, lo que exacerba la resistencia a la insulina (Lalla y Papapanou, 2011). Astolphi *et al.* en 2015 reportaron que las citocinas inflamatorias séricas derivadas de la inflamación oral se asocian con la disminución de la señalización de insulina y resistencia a la insulina, que es un factor de riesgo importante para la DM tipo 2. La DM se considera un factor de riesgo para la enfermedad periodontal según la Organización Mundial de la Salud (Li *et al.*, 2018), debido a la disminución de la expresión de Malondialdehído (MDA) y al aumento de la expresión de glutatión (GSH) en el tejido periodontal (Monea *et al.*, 2014). Por otra parte, la evidencia de estudios clínicos y preclínicos del síndrome de ovario poliquístico y los efectos de la diabetes gestacional en el metabolismo y el desarrollo muestra que existen diferencias sexuales probables en el papel fisiológico de la insulina en la neuroplasticidad (Ferrario y Reagan, 2018). Todas estas observaciones se relacionan con los resultados de Flores-Tochihuitl *et al.* (2021), donde también evidenciaron que en el NO de ratas hembra con diabetes y periodontitis no hubo consecuencias en relación con la arborización dendrítica ni en la longitud dendrítica total, mientras tanto en ratas macho disminuyó la arborización dendrítica, pero en la longitud dendrítica total no revela cambios. En cambio, las ratas macho no modificaron la arborización dendrítica ni la longitud dendrítica total en los núcleos talámicos laterales posteriores ventrales (VPL).

En las ratas hembra, la arborización dendrítica y la longitud dendrítica total aumentaron con diabetes y periodontitis a niveles superiores a los de los animales de control. Esto evidencia resultados dependientes del sexo. Por lo contrario, en el presente estudio, los resultados no son influidos por el sexo. Esto es contrario a lo reportado

por Duboc *et al.* en 2015, debido a que los hemisferios se caracterizan por una gran variabilidad entre individuos. Los hemisferios izquierdo y derecho del cerebro humano muestran asimetrías anatómicas y moleculares izquierda-derecha que se correlacionan con su especialización funcional en procesos cognitivos particulares. La especialización hemisférica para una función cognitiva refleja diferencias en los circuitos neuronales de cada hemisferio y se correlaciona con la asimetría en la materia gris y blanca del lado izquierdo y derecho del cerebro.

Los presentes resultados sugieren plasticidad neuronal en los grupos de diabetes, periodontitis y diabetes-periodontitis, los mecanismos de plasticidad son diversos y se expresa de varias maneras, desde modificaciones diversas en la geometría del árbol dendrítico, la regeneración de axones, la generación de nuevas sinapsis y cambios moleculares (Zucker y Regehr, 2002). Basado en lo anterior, la diabetes induce cambios de plasticidad más marcados que la periodontitis; con base en Dąbrowski *et al.* en 2019, se deduce que se logra mediante la mejora de la comunicación en las conexiones sinápticas entre las neuronas existentes y es fundamental para retener las redes neuronales. En el caso de la periodontitis, la disminución puede deberse a las citoquinas proinflamatorias, moléculas clásicamente asociadas con el sistema inmune periférico, porque están involucradas en la modulación de la plasticidad sináptica homeostática. Por tal motivo, la inflamación, un proceso adaptativo bien conocido, deja de ser beneficiosa cuando las citocinas proinflamatorias, junto con otros mediadores de la inflamación, se acumulan en exceso (Gulyaeva, 2017). Con respecto al grupo de machos con periodontitis se estima que pudo haber una recuperación en tan solo 14 días que es lo que duró la ligadura colocada en el primer molar, más rápida que en el grupo de hembras, por lo que es importante profundizar en conocer con más detalle las consecuencias asociadas al sexo. Resulta de interés para futuras investigaciones el análisis de la densidad de espinas dendríticas y su tipificación, lo cual puede ser útil para comprender los mecanismos asociados a la comunicación neuronal.

Conclusiones

La diabetes induce cambios de plasticidad más marcados que la periodontitis, en donde existen varios factores y mecanismos involucrados en el crecimiento del árbol dendrítico después del daño en los modelos animales estudiados. Es posible que la periodontitis tenga consecuencias importantes en la remodelación de la geometría de las neuronas de la corteza somatosensorial en ratas.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

El presente trabajo corresponde a una de las líneas de investigación básica del laboratorio multidisciplinario de la Facultad de Estomatología de la BUAP, la cual a través del análisis en los modelos animales pretende aportar nuevo conocimiento a corto plazo con respecto a la plasticidad neuronal de las neuronas de la capa V de la corteza somatosensorial, que será de utilidad en el campo de la Estomatología con respecto a esclarecer las consecuencias de la relación diabetes y periodontitis sobre esta zona. A mediano plazo, se pretende reforzar los conocimientos de las y los estomatólogos para la mejor atención del paciente diabético con periodontitis, así como conocer más acerca de sus consecuencias sobre el sistema nervioso central y los cambios o daños que puede tener sobre el individuo. Lo anterior favorecerá a una atención oportuna y reducirá los recursos económicos que las y los pacientes del estado de Puebla destinan para tal fin.

Referencias bibliográficas

- Astolph, R. D., Curbete, M. M., Chiba, F. Y., Cintra, L. T. A., Ervolino, E., da Mota, M. S. D. O., Antoniali, C., Garbin, C. A. S., & Sumida, D. H. (2015). Periapical Lesions Decrease Insulin Signaling in Rat Skeletal Muscle. *Journal of Endodontics*, 41(8), 1305–1310. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.04.002>
- Bird, A. D., & Cuntz, H. (2019). Dissecting Sholl Analysis into Its Functional Components. *Cell Reports*, 27(10), 3081–3096.e5. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.04.097>
- Bascones-Martínez, A. Figuera, E. (2005). Las enfermedades periodontales como infecciones bacterianas. *Av periodon Implantol*, 17, 3: 147–156.
- Carrillo-De-Albornoz, A., Figuera, E., Herrera, D., & Bascones-Martínez, A. (2010). Gingival changes during pregnancy: II. Influence of hormonal variations on the subgingival biofilm. *Journal of Clinical Periodontology*, 37(3), 230–240. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2009.01514>
- Carissa F. Etienne. (2016). *Organización Panamericana de la Salud*. Diabetes.
- Chen, J., Liang, L., Zhan, L., Zhou, Y., Zheng, L., Sun, X., Gong, J., Sui, H., Jiang, R., Zhang, F., & Zhang, L. (2014). ZibuPiYin recipe protects db/db mice from diabetes-associated cognitive decline through improving multiple pathological changes. *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091680>

- Dąbrowski, J., Czajka, A., Zielińska-Turek, J., Jaroszyński, J., Furtak-Niczyporuk, M., Mela, A., Poniatowski, Ł. A., Drop, B., Dorobek, M., Barcikowska-Kotowicz, M., Ziemba, A., & Zabel, M. (2019). Brain Functional Reserve in the Context of Neuroplasticity after Stroke. In *Neural Plasticity* (Vol. 9.) Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2019/9708905>
- Duboc, V., Dufourcq, P., Blader, P., & Roussigné, M. (2015). Asymmetry of the Brain: Development and Implications. *Annual Review of Genetics*, 49, 647–672. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-112414-055322>
- Ferrario, C. R., & Reagan, L. P. (2018). Insulin-mediated synaptic plasticity in the CNS: Anatomical, functional and temporal contexts. In *Neuropharmacology* (Vol. 136, pp. 182–191). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2017.12.001>
- Flores-Gómez, A. A., de Jesús Gomez-Villalobos, M., & Flores, G. (2019). Consequences of diabetes mellitus on neuronal connectivity in limbic regions. In *Synapse* (Vol. 73, Issue 3). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/syn.22082>
- Peral Lemus, A. C., Flores-Tochihuitl, J., (2017). Cambios morfológicos del subnúcleo oralis de ratas diabéticas con inducción de periodontitis.
- Flores-Tochihuitl, J., Márquez Villegas, B., Peral Lemus, A. C., Andraca Hernández, C. J., Flores, G., & Morales-Medina, J. C. (2021). Periodontitis and diabetes reshape neuronal dendritic arborization in the thalamus and nucleus oralis in the rat. *Synapse*, 75(3). <https://doi.org/10.1002/syn.22187>
- Paxinos G. & Franklin K. (2019). Paxinos and Franklin's the Mouse Brain in Stereotaxic Coordinates (5th ed.).
- Gulyaeva, N. v. (2017). Molecular mechanisms of neuroplasticity: An expanding universe. *Biochemistry (Moscow)*, 82(3), 237–242. <https://doi.org/10.1134/S0006297917030014>
- Kose, O., Altin, A., Kurt Bayrakdar, S., Bostan, S. A., Mercantepe, T., Akyildiz, K., Tumkaya, L., Yilmaz, A., Kose, S., Yemenoglu, H., Turker Sener, L., & Kululu, G. (2021). Influences of periodontitis on hippocampal inflammation, oxidative stress, and apoptosis in rats. *Journal of Periodontal Research*, 56(6), 1154–1162. <https://doi.org/10.1111/jre.12929>
- Kwon, T. H., Lamster, I. B., & Levin, L. (2021). Current Concepts in the Management of Periodontitis. In *International Dental Journal* (Vol. 71, Issue 6, pp. 462–476). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1111/idj.12630>
- Lalla, E., & Papapanou, P. N. (2011). Diabetes mellitus and periodontitis: A tale of two common interrelated diseases. In *Nature Reviews Endocrinology* (Vol. 7, Issue 12, pp. 738–748). <https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.106>
- Li, X., Sun, X., Zhang, X., Mao, Y., Ji, Y., Shi, L., Cai, W., Wang, P., Wu, G., Gan, X., & Huang, S. (2018). Enhanced oxidative damage and Nrf2 down-regulation contribute to the aggravation of periodontitis by diabetes mellitus. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9421019>
- Luna, R., Talanki Manjunatha, R., Bollu, B., Jhaveri, S., Avanthika, C., Reddy, N., Saha, T., & Gandhi, F. (2021). A Comprehensive Review of Neuronal Changes in Diabetics. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.19142>
- Mairet-Coello, G., Courchet, J., Pieraut, S., Courchet, V., Maximov, A., & Polleux, F. (2013). The CAMKK2-AMPK Kinase Pathway Mediates the Synaptotoxic Effects of Aβ Oligomers through Tau Phosphorylation. *Neuron*, 78(1), 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.02.003>
- García-Segura, M., Igo Azcoitia, I., & DonCarlos, L. L. (2001). Neuroprotection by estradiol. In *Progress in Neurobiology* (Vol. 63). www.elsevier.com/locate/pneurobio
- Monea, A., Mezei, T., Popsor, S., & Monea, M. (2014). Oxidative stress: A link between diabetes mellitus and periodontal disease. *International Journal of Endocrinology*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/917631>
- Morales-Medina, J. C., Juárez, I., Iannitti, T., & Flores, G. (2013). Olfactory bulbectomy induces neuronal rearrangement in the entorhinal cortex in the rat. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 52, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2013.07.001>
- Robinson, J. L., Johnson, P. M., Kister, K., Yin, M. T., Chen, J., & Wadhwa, S. (2020). Estrogen signaling impacts temporomandibular joint and periodontal disease pathology. In *Odontology* (Vol. 108, Issue 2, pp. 153–165). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10266-019-00439-1>
- Shirao, T., & González-Billault, C. (2013). Actin filaments and microtubules in dendritic spines. In *Journal of Neurochemistry* (Vol. 126, Issue 2, pp. 155–164). <https://doi.org/10.1111/jnc.12313>
- Zucker, R. S., & Regehr, W. G. (2002). Short-term synaptic plasticity. In *Annual Review of Physiology* (Vol. 64, pp. 355–405). <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.64.092501.114547>

Evaluación de anticuerpos anti-microvesículas usados como agentes terapéuticos para disminuir la multidrogorresistencia en aislados clínicos de *Klebsiella Pneumoniae*

^a Espinosa-Hernández Sofia*, ^a Sánchez-Palacios Dulce María, ^b González-Vázquez María Cristina, ^c Lozano-Zaraín Patricia y ^{a, c} Carabarán Lima Alejandro

^aLicenciatura en Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio S/N, Cd. Universitaria, C.P. 72570, Puebla, Puebla.

^bHerbario y Jardín Botánico, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

^cInstituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*sofia.espinosahernandez@viep.com.mx

Resumen

Klebsiella pneumoniae es una enterobacteria, Gram-negativa, considerada la especie de mayor relevancia clínica del género *Klebsiella* debido a que desempeña un papel importante como causante de infecciones nosocomiales. Se ha demostrado que diversas bacterias Gram-negativas son capaces de secretar microvesículas, para regular funciones durante la patogénesis bacteriana, debido a que liberan patrones moleculares asociados a patógenos, lípidos, proteínas y material genético que puede ser transferido horizontalmente a la célula huésped. El uso desmedido de fármacos antimicrobianos aumenta la producción de estas estructuras, que a su vez inducen la expresión de genes de citocinas proinflamatorias y piroptosis de los macrófagos, demostrando que las OMV de *K. pneumoniae* provocan una respuesta inmune exacerbada, abriendo la posibilidad del uso de

los anticuerpos anti-OMV como una posible terapia. Por lo anterior, se realizó la evaluación de anticuerpos anti-microvesículas usados como agentes terapéuticos para disminuir la multidrogorresistencia en aislados clínicos de *K. pneumoniae*. Se observó una sensibilidad en la resistencia bacteriana al utilizar los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 indicando que son candidatos para un posible tratamiento contra *K. pneumoniae* y lograr disminuir las infecciones nosocomiales, usando los tratamientos recomendados, en beneficio de los nosocomios en Puebla de primera atención donde ocurren en alto porcentaje las infecciones intrahospitalarias.

Palabras clave: *Klebsiella pneumoniae*, Microvesículas, Anticuerpos, Multidrogorresistencia.

Abstract

Klebsiella pneumoniae is a Gram-negative enterobacteria, considered the most clinically relevant species of the *Klebsiella* genus due it plays an important role as causing nosocomial infections. It has been shown that several Gram-negative bacteria are capable of secreting microvesicles, for regular functions during bacterial pathogenesis, since they release molecular patterns associated with pathogens, lipids, proteins and genetic material that can be transferred horizontally to the host cell. The excessive use of antimicrobial drugs increases the production of these molecules, which in turn induce the expression of proinflammatory cytokine genes and macrophage pyroptosis, demonstrating that *K. pneumoniae* OMVs causes an exacerbated immune response, open the possibility for using anti-OMV antibodies as a

possible therapy. Therefore, the evaluation of anti-microvesicle tests used as therapeutic agents to reduce multidrug resistance in clinical isolates of *K. pneumoniae* was carried out. A sensitivity in bacterial resistance was demonstrated when the anti-OMVsKpBUAPo21 were using, indicating that they are candidates for a possible treatment against *K. pneumoniae* and achieve a reduction in nosocomial infections using the recommended treatments, benefiting primary care hospitals in Puebla where they occur in high percentage of nosocomial infections.

Keywords: *Klebsiella pneumoniae*, Microvesicles, Antibodies, Multidrug resistance

- µl, microlitro (0.001 ml)
- nm, medida de absorbancia
- mm, milímetro
- BCIP/NBT, 5-bromo-4-cloro-3-indolil-fosfato/tetrazolio azul nitro
- ELISA, ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*)
- IAAS, Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud
- LB, Luria-Bertani
- MDR, multidrogorresistentes
- OMV, vesícula de membrana externa (*Outer Membrane Vesicle*)
- OMS, Organización Mundial de la Salud
- PBS, solución salina tamponada con fosfato (*Phosphate Buffered Saline*)
- SDS-PAGE, electroforesis en gel de poliacrilamida con dodecilsulfato de sodio (*Sodium Dodecyl-Sulfate PolyAcrylamide Gel Electrophoresis*)
- KPC, *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas
- PAMP, patrones moleculares asociados a patógenos (*Pathogen-Associated Molecular Patterns*)

Introducción

Klebsiella pneumoniae es una bacteria perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, es un bacilo Gram-negativo el cual tiene una capsula conformada por polisacáridos, los cuales le permiten evadir la respuesta inmunitaria. Esta bacteria esta clasificada como un patógeno oportunista en humanos, principalmente afecta a personas inmunosuprimidas causándoles diferentes enfermedades infecciosas como son las infecciones nosocomiales, entre las que destacan infecciones del tracto urinario, neumonías, sepsis, infecciones de tejidos blandos e infecciones de heridas quirúrgicas (Li et al., 2014; Candan y Aksöz, 2015). Las infecciones del sistema respiratorio en humanos son causadas principalmente por los tipos capsulares 1 y 2; las del sistema urinario por los tipos 8, 9, 10 y 24 (Ryan, 2017).

Las especies de *Klebsiella* se encuentran entre las 10 bacterias más patógenas causantes de infecciones intra-hospitalarias. Además, dentro de las características de una bacteria patógena se encuentra la colonización de tejidos distantes de los tejidos en los que normalmente reside como parte de la microbiota comensal. En humanos

sanos, la prevalencia de colonización con *K. pneumoniae* es de 5-35 % en colon y del 1-5 % en la bucofaringe; por lo general, la piel se coloniza solamente de manera transitoria (Jameson, 2018). Cuando el sistema inmune del hospedero se encuentra inmunodeprimido o inmunodeficiente, sobre todo en la lactancia, vejez, etapas terminales de algunas enfermedades como el cáncer, pacientes con catéteres venosos o sondas uretrales permanentes, pueden presentarse infecciones importantes circunscritas y las bacterias pueden llegar al torrente sanguíneo y producir septicemia (Ryan, 2017; Jameson, 2018). *Klebsiella* coloniza mucosas y la piel de pacientes hospitalizados, causando sobre todo infecciones del tracto respiratorio y del tracto urinario, y en personas con comorbilidades se comporta como un patógeno oportunista, especialmente en pacientes inmunocomprometidos.

Por otra parte, se ha demostrado que diversas bacterias Gram-negativas son capaces de secretar microvesículas (OMV, por sus siglas en inglés) (Kim et al., 2015) que son estructuras esféricas de un tamaño aproximado de 20-250 nm, contienen componentes citoplasmáticos y del espacio periplasmático, así como proteínas de membrana externa (Grenier y Mayrand, 1987). Las OMV pueden regular varias

funciones durante la patogénesis bacteriana, debido a que liberan patrones moleculares asociados a patógenos (PAMP, por sus siglas inglés), lípidos, proteínas y material genético que puede ser transferido horizontalmente a la célula huésped (Dhital et al., 2021). Al mismo tiempo, la expresión de OMV en la virulencia puede desempeñar un papel clave en la regulación de la respuesta inflamatoria, modulando el sistema inmune del hospedero (Kulkarni y Jagannadham, 2014). En *K. pneumoniae* se conoce poco acerca de la producción de microvesículas; sin embargo, diversos estudios plantean que una transferencia horizontal de diversos plásmidos de resistencia a antibióticos mediados por las OMV, entre ellos el gen KPC (Wang et al., 2022; Dell'Annunziata et al., 2021) y el uso desmedido de estos fármacos antimicrobianos aumentan la producción de estas estructuras, que a su vez inducen la expresión de genes de citocinas proinflamatorias (Lee et al., 2012) y piroptosis en los macrófagos (Ye et al., 2021), demostrando que las OMV de *K. pneumoniae* provocan una respuesta inmune exacerbada (Martora et al., 2019), abriendo la posibilidad del uso de los anticuerpos anti-OMV como una posible terapia.

Impacto en el estado de Puebla

Aunque no se conoce el número real de casos de Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud (IAAS) en el estado de Puebla, la Organización Mundial de la Salud pronostica que los casos de infección en países en vías de desarrollo es alto, por lo tanto, el desarrollo de una estrategia que pueda ayudar a reducir la multidrogorresistencia en contra de *Klebsiella pneumoniae* disminuiría significativamente los casos de infecciones asociadas a la atención de la salud; esto repercutiría notablemente en el descenso de costos generados por la atención hospitalaria de estos pacientes en el estado de Puebla. Además, la utilización de los anticuerpos generados contra las microvesículas con efectos que favorezcan la sensibilidad de *K. pneumoniae* a los antibióticos permitiría que Puebla repunte en el ámbito científico-social a nivel regional y nacional. Más aún, recientemente, el 7 de enero del 2022 se dio a conocer que, en México, específicamente en estados como Aguascalientes, Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Sinaloa y Yucatán, ya circula la cepa hipervirulenta de *K. pneumoniae* que contiene el gen KPC (ISSSTE, 2022) que, como se mencionó previamente, está involucrado en la resistencia de esta bacteria, teniendo como consecuencia su diseminación mundial y siendo necesario el desarrollo de un tratamiento efectivo. Debido a lo anterior, la realización de este trabajo impactará no solamente en el nivel estatal, sino a nivel nacional y mundial.

Materiales y métodos

Cultivo e inoculación de *K. pneumoniae*

Se cultivaron siete aislados clínicos de *K. pneumoniae* y una cepa ATCC como control, estas cepas fueron recuperadas de su almacenamiento en glicerol a -70°C y se sembraron en placa agar chocolate para posteriormente incubarlas por un periodo de 24 horas a una temperatura de 37°C . Una vez recuperadas, se resembraron en medio sólido y medio líquido de Luria-Bertani (LB) a 37°C . Para la purificación de microvesículas se utilizó la cepa de *K. pneumoniae* KpBUAP021 (aislada de un hemocultivo). A partir de la placa de LB se tomó una colonia bacteriana y se inoculó en 50 mL de caldo Luria-Bertani (LB) en un matraz de cultivo de 250 mL y se incubaron durante 72 h a $37^{\circ}\text{C}/180\text{ rpm}$.

Obtención y purificación de OMVs de KpBUAP021

La purificación de las microvesículas se comenzó con la eliminación de las células bacterianas mediante centrifugación a 6000 rpm durante 20 min a 4°C . Los sobrenadantes se filtraron secuencialmente a través de filtros de tamaño de poro de 0,45 y 0,22 μm para eliminar las bacterias residuales y restos celulares. Las OMV se precipitaron con ayuda de acetona fría y posteriormente se recuperaron mediante centrifugación a 13000 rpm durante 30 min a 4°C y la pastilla de OMV se resuspendió en 200 μL de solución salina tamponada con fosfato (PBS). Se comprobó la esterilidad de las OMV purificadas mediante inoculación en placas de agar LB a 37°C por 24 h. Las OMV purificadas se almacenaron a -20°C hasta su uso.

Obtención de sueros pre-inmunes e inmunización en ratones BALB/c

Se obtuvieron ratones hembra BALB/c de 6-8 semanas de edad ($n=4$) del Bioterio «Claude Bernard» de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Protocolo de investigación aprobado: 100522577-UALVIEP-18/1). Aleatoriamente, los ratones se sangraron de la vena de la cola para obtener el suero preinmune. La sangre obtenida de los ratones fue centrifugada a 5,000 rpm por 10 minutos. El suero sanguíneo fue recuperado y guardado a -20°C para uso a futuro. Posteriormente se realizó la inmunización de los animales por vía intraperitoneal con 20 μg de las microvesículas purificadas emulsificadas 1:1 con adyuvante completo de Freund. Se planteó un esquema de inmunización que comprendió cuatro refuerzos cada 7 días de las microvesículas, pero cambiando a adyuvante incompleto de Freund. Para el grupo control se usó el mismo protocolo anterior administrándosele a los ratones hembra ($n=4$) PBS emulsificado con el adyuvante de Freund, completo e incompleto.

Los volúmenes de las inmunizaciones se adecuaron a la vía de administración utilizada (intraperitoneal). Durante la inmunización, los animales recibieron agua y alimento *ad libitum*, además el cuidado y mantenimiento de los animales se realizó en el bioterio Claude Bernard de la BUAP acorde a su reglamento y a lo descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2001).

Obtención de sueros hiperinmunes

Al término del esquema de inmunización, todos los ratones se sangraron por medio de un corte en la parte terminal de la cola de donde se obtuvo una muestra sanguínea de 500 µl aproximadamente de cada uno. La sangre obtenida fue centrifugada a 5,000 rpm por 5 minutos. El suero sanguíneo hiperinmune fue recuperado y guardado a -20 °C para su uso posterior.

Título de anticuerpos

ELISA: inicialmente se realizó un pool de los sueros hiperinmunes y de los sueros preinmunes de los ratones. A partir de estos se realizaron las diluciones 1:100, 1:1,000, 1:5,000, 1:10,000 y 1:20,000 en PBS. En una placa de ELISA de 96 pozos se adicionaron las microvesículas extraídas de KpBUAPo21 (10 µg/µl) a los pozos a experimentar (contemplando la serie de pozos blancos) y se incubó a 4 °C durante 12 horas. Transcurrido el tiempo, se decantó y realizó un lavado con PBS-Tween AL 0.05 % (PBS-T) durante 3 minutos. Se adicionó BSA al 1 % a cada pozo y la placa se incubó a 37 °C por 1 hora. Se decantó el contenido y se realizaron tres lavados con PBST. Se adicionó cada una de las diluciones antes mencionadas, tanto para los sueros hiperinmunes como para los preinmunes. Para el pozo blanco se adicionó 100 µl PBS. La placa se incubó por 2 horas a temperatura ambiente. Se decantó el contenido y se realizaron tres lavados. A cada pozo (contando el blanco) se adicionó HRP-goat anti-mouse IgG en dilución 1:5000 en PBS. Se incubó 30 minutos a temperatura ambiente. Se decantó el contenido y se realizaron tres lavados. Por último, se adicionó la solución del sustrato por pozo: 3,3', 5,5'-tetrametilbencidina (TMB), se incubó por 5 minutos a temperatura ambiente y se realizó la lectura a una absorbancia de $\lambda = 630$ nm en un lector de microplacas ELISA (lector BioTek ELx800MT, BioTek Instruments, EE. UU.).

Isotipificación de Anticuerpos

Las isoclases de las inmunoglobulinas generadas se determinaron cuando el título de anticuerpo fue de 1:10,000, acorde a lo determinado mediante ensayos de western-blot (Hnasko TS, Hnasko RM., 2015). Para este experimento se midieron los niveles de IgG1, IgG2a, IgG2b e IgG3, los cuales

se evaluaron mediante el método de ELISA, utilizando el kit Mouse Monoclonal Antibody Isotyping Reagents (ISO2) de SIGMA, acorde a las instrucciones del proveedor.

Ensayos de Western-Blot con extracto total bacteriano

Se obtuvieron extractos proteicos totales de los diferentes aislados clínicos de *K. pneumoniae*. Estos extractos fueron migrados en SDS-PAGE al 12 % y posteriormente se transfirieron las proteínas a membranas de nitrocelulosa (Amersham), usando un sistema de transferencia húmeda (Biorad). Para el ensayo de western-blot, los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 fueron usados como primer anticuerpo, como segundo anticuerpo se usó un IgG anti-mouse acoplado a fosfatasa alcalina. Las bandas se revelaron con el sustrato BCIP/NBT.

Ensayo de sensibilización a antibióticos

Por último se llevaron a cabo antibiogramas disco-placa por triplicado a partir de diluciones con turbidez 0.5 en la escala de Mc Farland de los aislados clínicos de *K. pneumoniae* con las siguientes variantes: 1. Interacción de los sueros con los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 por 24 h con la suspensión bacteriana. 2. Como control negativo se dejó una dilución solamente con las bacterias; posteriormente se realizó la siembra en medio sólido LB con un hisopo estéril y de manera masiva; a continuación se depositaron los sensidiscos para bacterias Gram-negativas (PT-35 Multibac I. D.) a 37 °C por 24 h. Al siguiente día se realizó la medición en milímetros de los halos de inhibición bacteriana.

Análisis estadístico

Los experimentos se realizaron por triplicado en ensayos independientes y los resultados están expresados como la media $\pm$ SD. El análisis estadístico fue realizado mediante la prueba One way ANOVA seguido por la prueba de Tukey's. Se utilizó una prueba T pareada para $N < 30$. Las diferencias encontradas fueron consideradas como estadísticamente significativas cuando el valor de p fue < 0.01 o < 0.05 .

Resultados/ Discusión de resultados

Inicialmente se observó la expresión de las OMV producidas por *K. pneumoniae*, las cuales presentan un tamaño muy pequeño con respecto a la bacteria y con una forma circular (Figura 1A). Posteriormente se obtuvieron las OMV purificadas de los diferentes aislados clínicos provenientes de hemocultivos, lavado bronquial, punta de catéter y

urocultivo (Figura 1B), evidenciando que *K. pneumoniae* es capaz de secretar las OMV sin importar el sitio anatómico de donde provenga. Sin embargo, se observan diferentes patrones de agrupamiento de las OMV purificadas.

Posterior a la inmunización con las OMV purificadas de KpBUAP021 en el modelo murino, se obtuvo el suero hiperinmune contra las OMVs de KpBUAP021. A través de ensayos de ELISA se analizó el título de anticuerpos anti-OMV generados, logrando obtenerse títulos de 1:10,000 (Figura 2).

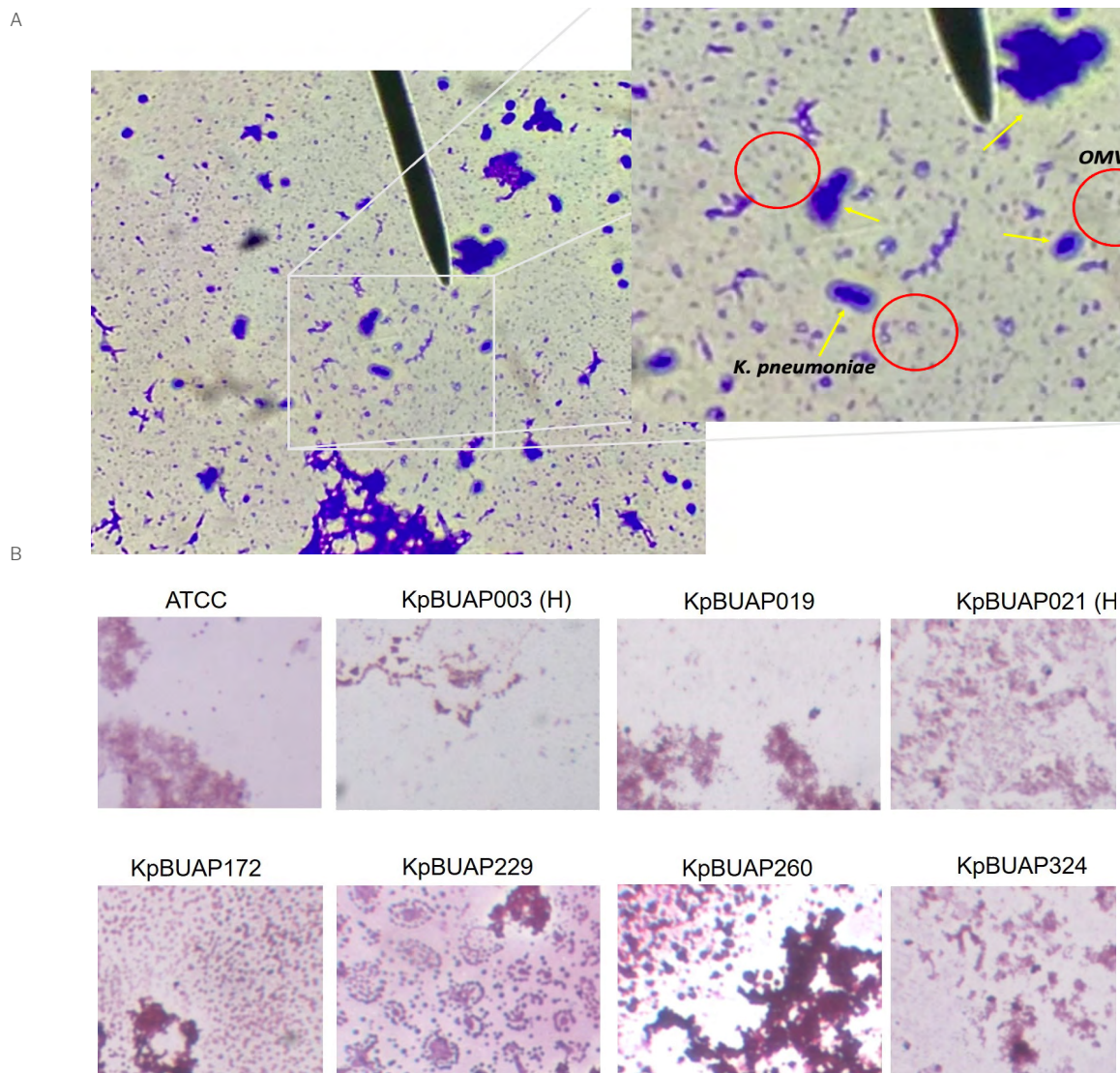


Figura 1. A. Tinción de Hiss. Esta tinción permite evidenciar con mayor espesor la cápsula de *K. pneumoniae* KpBUAP021 (flecha amarilla) y las microvesículas secretadas (círculo rojo). **B.** Microvesículas de los siete aislados clínicos y una cepa ATCC de *K. pneumoniae*. Posterior al crecimiento de *K. pneumoniae* en medio líquido LB se realizó la purificación de las OMV y se confirmó su presencia por tinción de Gram observada por microscopía óptica, usando el objetivo de 100X y un aumento digital de 400 veces mediante el software ZEN lite de Zeiss

La isotipificación de los anticuerpos totales anti-OMVsKpBUAPo21 permite observar que los niveles de las isoclasas (IgG1, IgG2a, IgG2b e IgG3) aumentaron posterior a la inmunización de las microvesículas de la cepa KpBUAPo21, indicando la generación de una respuesta mezclada Th1/Th2 (Figura 2). El alto nivel de IgG2a sugiere que existe una respuesta inmune ligada con el receptor Fc-gamma (FcγR) como la fagocitosis de microorganismos opsonizados, la liberación de mediadores inflamatorios y la citotoxicidad celular dependiente de anticuerpos.

Se realizó la obtención de los extractos proteicos totales de los diferentes aislados clínicos y se visualizaron mediante

SDS-PAGE al 12 %. Estos extractos fueron transferidos a membranas de nitrocelulosa para realizar los ensayos de western-blot, utilizando el anticuerpo anti-OMVsKpBUAPo21. En estos ensayos se identificaron siete proteínas inmunogénicas en los extractos proteicos totales de *K. pneumoniae* con diferentes pesos moleculares (Figura 4).

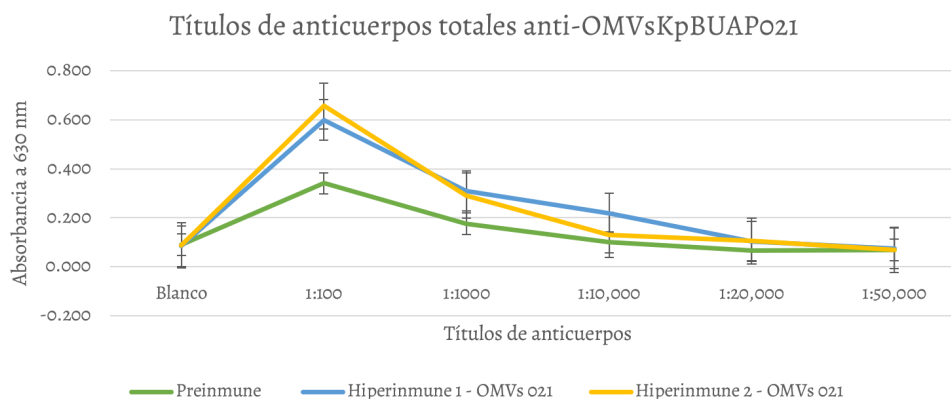


Figura 2. Títulos de anticuerpos totales anti-OMVsKpBUAPo21. Evaluación del grupo preinmune y de los grupos hiperinmunes-OMVsKpBUAPo21 mediante ensayos ELISA, utilizando como blanco PBS y como segundo anticuerpo IgG anti-mouse hecho en cabra y acoplado a peroxidasa de rábano. El ensayo se realizó por triplicado en análisis independientes

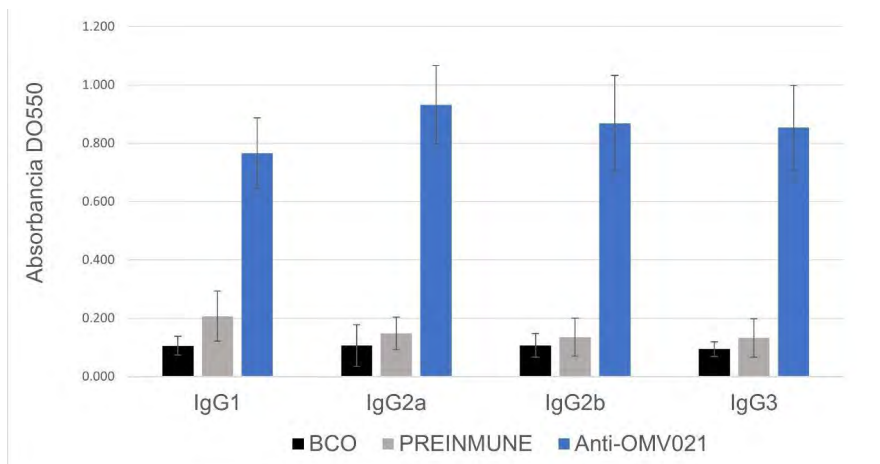


Figura 3. Isotipificación de anticuerpos totales anti-OMVsKpBUAPo21. Se observa una diferencia significativa en la expresión de isoclasas de inmunoglobulinas presentes en el suero hiperinmune del modelo murino, respecto al suero preinmune, específicamente para la inmunoglobulina IgG2a. El ensayo se realizó por triplicado en análisis independientes

El análisis de los antibiogramas se llevó a cabo de acuerdo con el Instituto de Normas Clínicas y de Laboratorio (CLSI, por sus siglas en inglés) que permite clasificar a los microorganismos como: sensibles, intermedios y resistentes (CLSI, 2022) de acuerdo con el diámetro de inhibición, siendo indicativo de sensibilidad microbiana. Como se observa en la Figura 5, hay un aumento en la sensibilidad a los antibióticos presentes en los sensidiscos en *K. pneumoniae* cuando está en contacto con los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 con respecto a las bacterias a las cuales no se les adicionó el anticuerpo anti-OMV.

Gracias a la prueba estadística T pareada, se logró observar que el antibiótico junto con la interacción de los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 que sensibilizaba a *K. pneumoniae* *in vitro* es el ciprofloxacino (Figura 6A), sugiriendo que existe un efecto sinérgico y neutralizante. Por el contrario, el antibiótico que genera una posible resistencia al estar en presencia de los anticuerpos es el norfloxacino (Figura 6B), lo anterior plantearía un nuevo mecanismo de resistencia por parte de *K. pneumoniae* frente a los anticuerpos, no obstante, son necesarios más estudios para comprobar esta hipótesis.

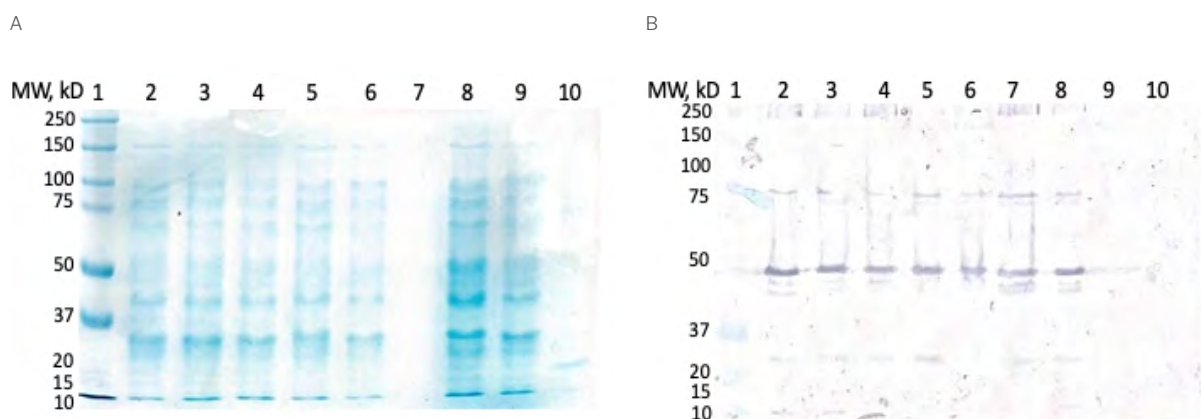


Figura 4. SDS-PAGE y Western-Blot de los siete extractos proteicos bacterianos de *K. pneumoniae*. Se realizó la obtención de los extractos proteicos totales de los diferentes aislados clínicos, visualizándolos mediante SDS-PAGE al 12 %. Los extractos fueron transferidos a membranas de nitrocelulosa para realizar los ensayos de western-blot, utilizando el anticuerpo anti-OMVsKpBUAPo21. A. Carril 1. MW; carril 2. KpATCC; carril 3. KpBUAPoo3(H); carril 4. KpBUAPo19; carril 5. KpBUAPo21(H); carril 6. KpBUAP172; carril 8. KpBUAP229; carril 9. KpBUAP260; carril 10. KpBUAP324. B. carril 1. MW; carril 2. KpATCC; carril 3. KpBUAPoo3(H); carril 4. KpBUAPo19; carril 5. KpBUAPo21(H); carril 6. KpBUAP172; carril 7. KpBUAP229; carril 8. KpBUAP260; carril 9. KpBUAP324

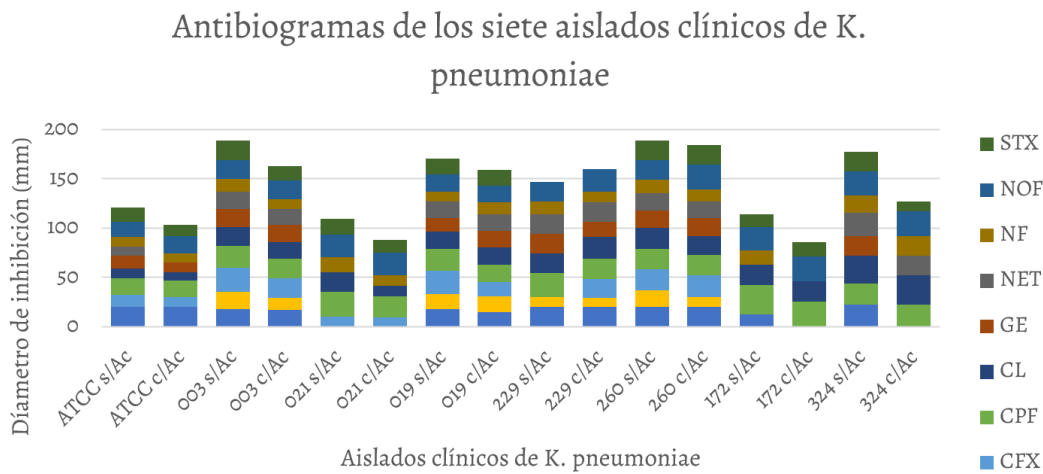


Figura 5. Resultados de los antibiogramas de los siete aislados clínicos de *K. pneumoniae* sin la interacción (s/Ac) y con la interacción de los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 (c/Ac). El diámetro de los halos de inhibición se midió en mm, de acuerdo con el CLSI. Los antibióticos presentes en los sensibilizadores utilizados son: AK-Amikacina; AM-Ampicilina; CB-Carbenicilina; CF-Cefalotina; CFX-Cefotaxima; CPF-Ciprofloxacino; CL-Cloranfenicol; GE-Gentamicina; NET-Netilmicina; NF-Nitrofurantoína; NOF-Norfloxacino y STX-Sulfametoxazol/Trimetoprim. Los resultados representan el promedio de 3 experimentos independientes

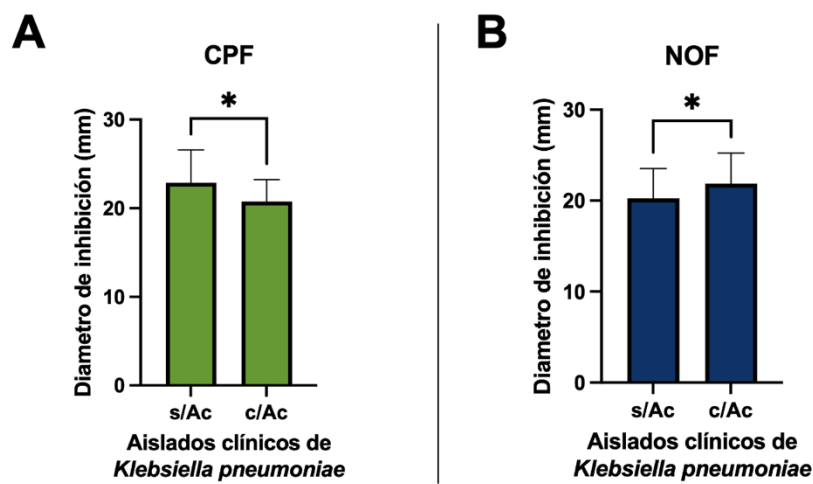


Figura 6. Resultados de la prueba T pareada de la eficacia de los antibióticos sin la interacción (s/Ac) y con la interacción de los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 (c/Ac) contra siete aislados clínicos de *K. pneumoniae*. El diámetro de los halos de inhibición se midió en mm, de acuerdo con el CLSI. Únicamente los antibióticos CPF-Ciprofloxacino (A) y NOF-Norfloxacino (B) mostraron resultados significativos. $P = 0.0181$ para CPF. $P = 0.417$ para NOF.

Conclusiones

El cargo asociado a microvesículas secretadas contiene proteínas altamente inmunogénicas, las cuales también se encuentran presentes en la bacteria, esto abre la posibilidad para identificar a estas proteínas y evaluarlas como posibles blancos para el desarrollo de una vacuna. Por otra parte, la sensibilidad observada en la resistencia bacteriana al utilizar los anticuerpos anti-OMVsKpBUAPo21 indican que son candidatos para un posible tratamiento contra *K. pneumoniae* y lograr disminuir las infecciones nosocomiales generadas por estas bacterias, usando los tratamientos recomendados. A partir de estos estudios se pueden beneficiar los nosocomios en Puebla de primera atención donde ocurren en alto porcentaje las infecciones intrahospitalarias.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Se continuará con el análisis e identificación de las proteínas inmunogénicas presentes en el cargo de las OMV y su participación en la generación de anticuerpos que permitan incrementar la sensibilidad a los antibióticos en *K. pneumoniae* o incluso a las enterobacterias Gram-negativas relacionadas filogenéticamente a *K. pneumoniae*. Esto permitiría lograr el desarrollo de una plataforma terapéutica contra las infecciones bacterianas.

Agradecimientos

Este proyecto recibió financiamiento por parte de la VIEP-BUAP con número de proyecto VIEP-100031833-2022.

Referencias bibliográficas

- Candan, E. D., & Aksöz, N. (2015). *Klebsiella pneumoniae*: characteristics of carbapenem resistance and virulence factors. *Acta Biochimica Polonica*, 62(4), p. 867-874
- Clinical and Laboratory Standards Institute-CLSI. (2022). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, M100 32a ed. Pennsylvania, USA
- Dell'Annunziata, F., Dell'Aversana, C., Doti, N., Donadio, G., Dal Piaz, F., Izzo, V., et al. (2021). Outer membrane vesicles derived from *Klebsiella pneumoniae* are a driving force for horizontal gene transfer. *International journal of molecular sciences*, 22(16), p. 8732.
- Dhital, S., Deo, P., Stuart, I., & Naderer, T. (2021). Bacterial outer membrane vesicles and host cell death signaling. *Trends in Microbiology*, 29(12), p. 1106-1116.
- Grenier, D., & Mayrand, D. (1987). Functional characterization of extracellular vesicles produced by *Bacteroides gingivalis*. *Infection and immunity*, 55(1), p. 111-117.
- Hnasko TS, Hnasko RM. (2015) The Western Blot. *Methods Mol Biol*, 1318, p. 87-96.

- Instituto de Seguridad y Servicio Sociales de los Trabajadores del Estado. (2022). «Aplica Issste innovador estudio sobre resistencia antimicrobiana». <https://www.gob.mx/issste/prensa/aplica-issste-innovador-estudio-sobre-resistencia-antimicrobiana>
- Jameson, J. L. (2018) Harrison. *Principios de Medicina Interna*, 20a. ed. México: McGraw-Hill. p. 1025-1036
- Kim, J. H., Lee, J., Park, J., & Ghoo, Y. S. (2015). Gram-negative and Gram-positive bacterial extracellular vesicles. *Semin Cell Dev Biol*, 40, p. 97-104.
- Kulkarni, H. M., & Jagannadham, M. V. (2014). Biogenesis and multifaceted roles of outer membrane vesicles from Gram-negative bacteria. *Microbiology*, 160(10), p. 2109-2121.
- Lee, J. C., Lee, E. J., Lee, J. H., Jun, S. H., Choi, C. W., Kim, S. I.,... & Hyun, S. (2012). *Klebsiella pneumoniae* secretes outer membrane vesicles that induce the innate immune response. *FEMS microbiology letters*, 331(1), p. 17-24.
- Li, B., Zhao, Y., Liu, C., Chen, Z., & Zhou, D. (2014). Molecular pathogenesis of *Klebsiella pneumoniae*. *Future microbiology*, 9(9), p. 1071-1081.
- Martora, F., Pinto, F., Folliero, V., Cammarota, M., Dell'Annunziata, F., Squillaci, G., et al. (2019). Isolation, characterization and analysis of pro-inflammatory potential of *Klebsiella pneumoniae* outer membrane vesicles. *Microbial pathogenesis*, 136, p. 103719.
- Ryan, J. K. (2017) *Microbiología médica*, 6ta. ed. México: McGraw-Hill. p. 265-298
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2001). NOM-062-ZOO-1999 Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio». Diario Oficial de la Federación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf
- Wang, Z., Wen, Z., Jiang, M., Xia, F., Wang, M., Zhuge, X., & Dai, J. (2022). Dissemination of Virulence and Resistance Genes among *Klebsiella pneumoniae* Via Outer Membrane Vesicle (OMVs): An Important Plasmid Transfer Mechanism to Promote the Emergence of Carbapenem-resistant Hypervirulent *Klebsiella pneumoniae*. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69 (5), p. e2661-e2676
- Ye, C., Li, W., Yang, Y., Liu, Q., Li, S., Zheng, P., et al. (2021). Inappropriate use of antibiotics exacerbates inflammation through OMV-induced pyroptosis in MDR *Klebsiella pneumoniae* infection. *Cell Reports*, 36(12), p. 109750.



Ciencias de la conducta y la educación

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Mamás canguro: arrullos al corazón a niños de 0 a 3 años en situación de vulnerabilidad

^aGómez Ponce Blanca Patricia* y ^aMurrieta Ortega Raymundo

^aBenemérito Instituto Normal del Estado «Gral. Juan Crisóstomo Bonilla». Licenciatura en Educación Inicial. Boulevard Hermanos Serdán No. 203, Colonia Aquiles Serdán, Puebla, Puebla, C.P. 72140

*gomezpbp.lei19@bine.mx

Resumen

El proyecto educativo denominado «Mamás canguro: arrullos al corazón» tiene como objetivo contribuir a la edificación de una vida plena en los infantes en situación de vulnerabilidad del albergue «Casa de la Niñez Poblana» mediante la aplicación de actividades pedagógicas. El enfoque adoptado en el estudio es la investigación acción participativa sustentada en el paradigma de la pedagogía social bajo el diseño de estudio de casos múltiples. El proyecto inicia con el diagnóstico de necesidades mediante observaciones realizadas por el responsable de Trayecto de Práctica de la Licenciatura en Educación Inicial (LEI) del Benemérito Instituto Normal del Estado (BINE) «Gral. Juan Crisóstomo Bonilla» y el diseño de una propuesta para que las docentes en formación de dicha licenciatura puedan realizar jornadas de intervención con

niños de 0 a 3 años en el albergue. En la investigación se utilizarán técnicas e instrumentos de recolección de datos como la observación, la entrevista, el diario y las notas de campo; al mismo tiempo, se invitará a cuatro alumnas de la LEI para integrar un equipo de 5 participantes con el propósito de llevar a cabo la aplicación de diferentes actividades lúdicas, cantos y arrullos con los infantes. Para el diseño del proyecto se utilizarán [1] pasos estructurados mediante preguntas y descripciones, el proyecto se aplicará de febrero a marzo de 2023. Se espera obtener beneficios con el uso de un cancionero integrado en el proyecto que favorezca un desarrollo integral en los infantes.

Palabras clave: Música, Proyecto educativo, Inclusión educativa, Educación inicial.

Abstract

The educational project called «Kangaroo Moms: lullabies to the heart» aims to contribute to building a full life in vulnerable infants of «Casa de la Niñez Poblana» through the application of educational activities. The approach adopted in the study is participatory action research based on the paradigm of social pedagogy under the design of multiple case studies. The project begins with the diagnosis of needs through observations made by the person in charge of the Practice Path of the Bachelor of Initial Education (LEI) of the Meritorious State Normal Institute (BINE) «Gral. Juan Crisóstomo Bonilla» and the design of a proposal so that the teachers in training of said degree can carry out intervention sessions with children from 0 to 3 years in the shelter. In the

investigation, data collection techniques and instruments will be used, such as observation, interview, diary and field notes; At the same time, four LEI students will be invited to form a team of 5 participants to carry out the application of different play activities, songs and lullabies with the infants. For the design of the project, [1] structured steps are used through questions and descriptions, the project will be applied from February to March 2023. It is expected to obtain benefits with the use of a songbook integrated in the project that favors an integral development in infants.

Keywords: Music, Educational project, Educational inclusion, Initial education.

- CONCYTEP, Consejo de ciencia y Tecnología del Estado de Puebla,
- BINE, Benemérito Instituto Normal del Estado,
- LEI, Licenciatura en Educación Inicial

Introducción

El proyecto educativo que se propone está sustentado en el Programa Sectorial de Educación (PSE) 2020-2024 del Gobierno Federal de México, el cual propone realizar estrategias prioritarias y acciones puntuales para el logro de seis Objetivos prioritarios [2], al articular 30 estrategias prioritarias, integradas por un conjunto de 274 acciones puntuales, que serán instrumentadas a lo largo de la administración gubernamental para lograr el proyecto educativo de la Cuarta Transformación.

Al mismo tiempo, el proyecto se sostiene en tres objetivos prioritarios. A continuación, se describe el objetivo prioritario número 1.- Garantizar el derecho de la población en México a una educación equitativa, inclusiva, intercultural e integral, que tenga como eje principal el interés superior de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes. Propone la estrategia prioritaria 1.1 Ampliar las oportunidades educativas para cerrar las brechas sociales y reducir las desigualdades regionales; al mismo tiempo se desprenden las acciones puntuales: 1.1.6 Alentar el desarrollo de proyectos educativos locales con la participación

de maestras y maestros experimentados para atender a los grupos históricamente discriminados y 1.1.7 Acordar convenios con las escuelas normales y la Universidad Pedagógica Nacional para que sus alumnas y alumnos realicen el servicio social en los servicios educativos comunitarios o de educación para adultos.

Además, para el diseño del proyecto, se revisaron los postulados del Plan Estatal de Desarrollo 2019- 2024 de Puebla [3], el cual está integrado por 4 Ejes de Gobierno: 1. Seguridad Pública, Justicia y Estado de Derecho; 2. Recuperación del Campo Poblano; 3. Desarrollo Económico para Todas y Todos; 4. Disminución de las Desigualdades. Evidentemente, el proyecto se sustenta en el eje cuatro, debido a que prioriza la reducción de brechas de desigualdad social, en donde se generan condiciones de bienestar que ayuden a satisfacer las necesidades básicas de la población y mejorar su calidad de vida.

Desde el Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024, se desprende el Programa Sectorial de Educación 2020-2024 del estado de Puebla, el cual establece como visión: ser una entidad que garantice el derecho a la educación de la niñez y juventud, al colocarlos en el centro de sus decisiones, con el fin de formar ciudadanía para la transformación. Con

estándares pertinentes de calidad, siempre que respondan al respeto a la dignidad de las personas, promueve la formación ética con perspectiva social y de inclusión, además de una educación que logre impulsar aprendizajes a lo largo de la vida y contribuya a recuperar los saberes, capacidades locales y vocaciones productivas que sean congruentes a las particularidades de las 32 regiones del territorio poblano.

El Programa Sectorial de Educación 2019-2024 del estado de Puebla se centra en acciones encaminadas a garantizar el derecho a la educación en el estado, bajo el modelo de las cuatro dimensiones: asequibilidad, accesibilidad, aceptabilidad y adaptabilidad. Este modelo educativo da importancia al trabajo conjunto y corresponsable de las instancias de gobierno, escuelas y ciudadanía. De esta manera, se suma con 11 estrategias y 61 líneas de acción a los esfuerzos internacionales para reforzar la atención en los sectores con pocas oportunidades de desarrollo.

El proyecto educativo se aplicará en la Casa de la Niñez Poblana, [4] institución ubicada en el kilómetro 4.5 de la Carretera Federal Puebla-Atlixco, colonia Emiliano Zapata en San Andrés Cholula, Puebla. Esta institución tiene la siguiente misión y visión. Misión: Casa de la Niñez Poblana alberga temporalmente a niñas y niños de 0 a 12 años 11 meses de edad que por alguna situación de vulnerabilidad deben permanecer en custodia legal, amparo y protección de las leyes que rigen la asistencia social en tanto se resuelve la situación legal y familiar de cada uno de ellos, garantizando su protección integral, tanto física y mental para su óptimo desarrollo durante su permanencia en el albergue. Visión: Llevar a cabo políticas y programas de asistencia social para la promoción del desarrollo de las niñas y niños y, poder así combatir las causas y efectos de su vulnerabilidad, logrando así la igualdad, diálogo, ética y visión progresista. El albergue «Casa de la Niñez Poblana» ofrece servicios en las siguientes áreas: médica, psicológica, odontológica, nutrición, fisioterapeuta, educación escolar y actividades recreativas y culturales.

La Secretaría de Educación Pública (SEP) en el marco del Plan de Desarrollo (PND) 2013-2018 que en el objetivo 3.1 establece [5] «Desarrollar el potencial humano de los mexicanos con educación de calidad» y en consideración a los planteamientos internacionales que demandan una atención prioritaria a la primera infancia, ha impulsado, a través de la Subsecretaría de Educación Básica, un trabajo coordinado con las instituciones que ofrecen Educación Inicial en distintas modalidades y contextos de todo el país.

El Benemérito Instituto Normal del Estado (BINE) «Gral. Juan Crisóstomo Bonilla» oferta desde el año 2013 la Licenciatura en Educación Inicial (LEI). A la fecha han egresado cinco generaciones: 2013-2017, 2014- 2018, 2015-2019, 2016-2020 y 2018-2022 de licenciadas en Educación Inicial que son conocidas en el ámbito del nivel como agentes educativos y, de acuerdo la Secretaría de Educación Pública [6], son definidas como aquellas personas profesionales de

la educación que buscan favorecer el desarrollo físico, afectivo, social y cognitivo de niñas y niños de 0 a 3 años.

En el proceso de formación docente, las estudiantes de la LEI cursan 8 semestres. Entre los cursos representativos que se vinculan con la presente propuesta están: «El material didáctico para el desarrollo en la edad temprana» (primer semestre), «Música y expresión corporal» (tercer semestre), «Educación incluyente en edad temprana» (cuarto semestre), además de «Proyectos de intervención educativa» (sexto semestre).

Materiales y métodos

El proceso de investigación cualitativa se caracteriza por ser «inductivo, abierto, flexible, cíclico y emergente; es decir, emerge de tal forma que es capaz de adaptarse y evolucionar a medida que se va generando conocimiento sobre la realidad estudiada» [7]. Por lo tanto, las actividades iniciales consistieron en la gestión con el albergue «Casa de la Niñez Poblana» para que 5 alumnas de la Licenciatura en Educación Inicial del BINE realicen práctica docente con infantes de 0 a 3 años. Durante las visitas para la gestión se pudo observar que en el albergue realizan actividades con arrulllos a los niños y niñas pequeñas mediante diferentes cantos. Por la cantidad de infantes, se identifica que existe la figura denominada «mamás canguro» que son aquellas mujeres voluntarias que asisten al albergue a arrullar a los pequeños. A partir de esta experiencia, se determina integrar un equipo de 5 alumnas para que asistan a realizar práctica docente en el este centro para aplicar actividades con cantos y arrulllos como parte de un proyecto de intervención socioeducativa.

El método investigación acción es una forma de búsqueda autorreflexiva, llevada a cabo por participantes en situaciones sociales (incluyendo las educativas), para perfeccionar la lógica y la equidad de a) las propias prácticas sociales o educativas en las que se efectúan estas prácticas, b) comprensión de estas prácticas, y c) las situaciones en las que se efectúan estas prácticas [8].

Al mismo tiempo, la investigación acción participativa es una relación entre la comunidad, la educación y la acción, en donde el problema se origina en la comunidad. Por tanto, la investigación acción participativa es una actividad integral que combina la investigación social, el trabajo educativo y la acción [8].

- El problema se origina en la comunidad o lugar de trabajo.
- El objetivo es la transformación estructural y la mejora de la vida de los sujetos implicados.
- Implica a la gente en el lugar de trabajo.
- El foco de atención se sitúa en el trabajo con un amplio rango de grupos involucrados.

- e. El papel que se toma de conciencia en la gente sobre sus propias habilidades, recursos, el apoyo para movilizarse y organizarse.
- f. El investigador se designa tanto a las personas del lugar, a la comunidad o aquellos con entrenamiento especializado [8].

La investigación acción participativa [9] es un método en el que las personas construyen la realidad en la que viven; las comunidades y los grupos en las que están insertas tienen su propio desarrollo histórico y cultural, es decir, antecede y continua a la investigación; la realización entre investigador y personas de la comunidad o grupo ha de ser horizontal y dialógica; toda comunidad dispone de los recursos necesarios para su evolución y transformación, y, finalmente, asume la convivencia de utilizar las distintas herramientas metodológicas, tanto cualitativas como cuantitativas.

En la práctica y como práctica, la investigación acción participativa tiene las siguientes características: la investigación se produce en un espacio histórico determinado, la investigación es propiedad de las personas investigadas, la persona que investiga ejerce un rol de persona que se inserta en una comunidad, la investigación es un proceso dialógico, en el que el diálogo es a la vez una categoría social y epistemológica, el proceso de investigación debe romper la relación de dependencia intercultural y sustituirla por un modelo de relación horizontal con las personas investigadas [9]. La investigación-acción se caracteriza porque es participativa y colaborativa [10]. Al mismo tiempo, la investigación acción permite resolver problemas cotidianos y hacer comprensible el mundo social, buscando la mejora en la calidad de vida de las personas, centrándose en la interpretación humana y la comunicación interactiva mediante

pasos seriados como la planificación, la identificación, ejecución y análisis [11] (Ver Figura 1).

Desglosando la Figura 1, el problema es la necesidad de un voluntariado para arrullar a los infantes que se encuentran en el albergue «Casa de la Niñez Poblana» por motivo de la ausencia de madre, padre o un familiar directo, lo anterior fue observando durante las visitas a dicha institución. La evaluación de las necesidades se presentó mediante el diálogo entre la estudiante investigadora y el asesor, destacando la idea de conformar un equipo con alumnas de la LEI para cumplir con las funciones de las mamás canguro, pero, al mismo tiempo, aplicar diferentes actividades pedagógicas que contribuyan a un desarrollo integral y pleno en los infantes. Las ideas o hipótesis se conformaron bajo el siguiente texto: «al aplicar el proyecto se contribuirá con un cancionero, actividades lúdicas y arrullos para edificar vidas felices desde la primera infancia»; el desarrollo del plan se ajusta al proyecto diseñado; la puesta en práctica del plan (proyecto) será durante el período de febrero a marzo de 2023; la evaluación de la acción corresponderá a la interacción con la responsable del albergue para valorar los resultados en las intervenciones de las docentes en formación de la LE, además de evaluar el impacto del proyecto; el paso final se enfocará en la reflexión de lo realizado y al diseño del informe correspondiente.

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

La recolección de datos ocurre en los ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidades de análisis. En la indagación cualitativa los instrumentos no son estandarizados, sino que se trabaja con múltiples fuentes de datos, que pueden ser entrevistas, observaciones directas, documentos, material audiovisual, etc. Estas técnicas se

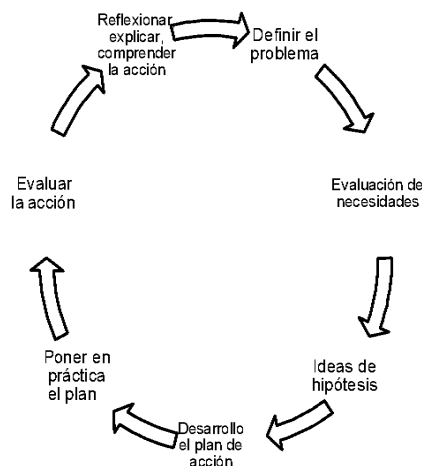


Figura 1 Procesos de la investigación acción «ciclo de acción»

Fuente Álvarez (2003).

revisarán más adelante. Además, recolecta datos de diferentes tipos: lenguaje escrito, verbal y no verbal, conductas observables e imágenes [12]. La investigación cualitativa se caracteriza por la utilización de técnicas que permitan recabar datos que informen de la particularidad de las situaciones, permitiendo una descripción exhaustiva y densa de la realidad concreta objeto de investigación [8].

El proceso de recolección de datos involucró una serie de técnicas propias de la investigación cualitativa, como la observación y entrevistas, utilizando herramientas para el registro de los datos, como diarios y notas de campo, guías de entrevista y anecdotarios. El uso de la observación permite obtener datos muy importantes mediante lo que se observa sesión a sesión, para que posteriormente la información sea recabada en un diario de campo en el cual se anotan todos los acontecimientos y datos relevantes que de la misma manera se obtienen mediante las entrevistas. Toda la información resultó relevante para el análisis (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Técnicas e instrumentos que se utilizarán en la investigación

No.	¿Qué técnica?	¿A quién se aplicará?	¿Qué instrumento?
1	Observación participante	Cinco infantes del albergue	Diario de campo
2	Entrevista no estructurada	Responsable del área educativa	Notas de campo
3	Entrevista estructurada	Responsable del albergue	Guía de entrevista

Fuente: Diseño propio

La observación es un factor primordial en la sustracción de información. Todas las personas hacen uso de la observación cotidianamente, lo cual da lugar al sentido común y al conocimiento cultural [11]. La observación no implica únicamente obtener datos visuales; de hecho, participan todos los sentidos. Esto suele requerir contacto directo con el (los) sujeto(s), aunque puede realizarse observación remota, registrando a los sujetos en fotografía, grabación sonora o videograbación, para su posterior estudio. Así, mediante la duración se utilizarán los recursos necesarios para que la observación sea de una manera eficiente y permita la recuperación de información para construir y fundamentar la investigación.

Observación participante

En esta investigación se hace uso de la observación participante, para la obtención de información, durante la aplicación del proyecto «Mamás canguro: arrullos al corazón» donde ser partícipe como observador permite que esta información sea más naturalista y se vincule con la

información. Los investigadores cualitativos son sensibles a los efectos que ellos mismos causan sobre las personas que son objeto de su estudio. Se ha dicho de ellos que son naturalistas, es decir, que interactúan con los informantes de un modo natural y no intrusivo [11].

La observación participante es una técnica interactiva de participar hasta cierto punto en las situaciones que ocurren, de forma natural durante un periodo de tiempo y escribir extensas notas de campo que describen lo que ocurren [13]. De manera que durante las sesiones del taller se recaba la información mediante la observación participante, así como los avances del desarrollo del niño en los diálogos con las madres de familia es recabado en el diario de campo para su posterior análisis.

Diario de campo

La recolección de datos se realizará mediante el diario de campo, sobre este recurso se afirma que su uso permite enriquecer la relación teoría–práctica. También se comenta que la observación es una técnica de investigación de fuentes primarias, que como se ha dicho necesita de una planeación para abordar un objeto de estudio o una comunidad a través de un trabajo de campo (práctica). La teoría como fuente de información secundaria debe proveer de elementos conceptuales al trabajo de campo para que la información no se quede simplemente en la descripción, sino que vaya más allá en su análisis. De esta manera, tanto la práctica como la teoría se retroalimentan y hacen que los diarios adquieran cada vez mayor profundidad en el discurso, porque en la investigación existe una relación recíproca entre práctica y teoría [14].

El diario de campo es un registro continuo de las decisiones tomadas durante el diseño inicial y la argumentación del momento. Así, el investigador puede justificar, basándose en la información disponible, las modificaciones y las reformulaciones del problema de la investigación y las estrategias [9].

Entrevista

La entrevista es una conversación que tiene una estructura y un propósito. En la investigación cualitativa, la entrevista busca entender el mundo desde la perspectiva del entrevistado y desmenuzar los significados de sus experiencias. El propósito de la entrevista en la investigación cualitativa es obtener descripciones del mundo de vida del entrevistado respecto a la interpretación de los significados de los fenómenos descritos [11].

**Proyecto educativo, comunitario,
situado y experiencial: «Mamás
canguro: arrullos al corazón»**

El proyecto educativo [15] toma como sustento el aprendizaje situado y experiencial, promovido a través de prácticas auténticas en escenarios reales, es decir, aquel aprendizaje basado en el servicio en contextos comunitarios, también denominado aprender sirviendo. El aprendizaje en el servicio se engloba en el rubro de los enfoques de aprendizaje experiencial que toman como sustento la teoría de John Dewey, los cuales consisten en experiencias relevantes de aprendizaje directo en escenarios reales, ya sean institucionales, laborales o comunitarios. Es decir, las estudiantes de Licenciatura en Educación Inicial fortalecerán sus aprendizajes mediante la aplicación de actividades en escenarios reales. El término proyecto [1] hace referencia a un conjunto de actividades concretas, interrelacionadas y coordinadas entre sí, que se realizan con el fin de producir determinados bienes y servicios capaces de satisfacer necesidades o resolver problemas.

Por tanto, el aprendizaje basado en el servicio se define como un enfoque pedagógico en el que las y los estudiantes aprenden y se desarrollan por medio de su participación activa en experiencias de servicio organizadas con cuidado y directamente vinculadas a las necesidades de una comunidad [15]. La perspectiva inclusiva pone el foco en algunos de los problemas sociales más acuciantes y que tienen que ver con las diversas formas de injusticia, discriminación y exclusión, por la negación de las diferencias en razón del origen social, económico, étnico, religioso o de género [16].

El proyecto también se sustenta en lo experiencial y situado, es aquel aprendizaje eminentemente experiencial, pues se aprende al hacer y al reflexionar sobre lo que se hace en contextos de prácticas situadas y auténticas. Por tanto, desde las perspectivas experiencial y reflexiva, existen ciclos de desarrollo del conocimiento en espiral, donde ocurren procesos de pensamiento-acción-reflexión que dan cuenta de la manera como las personas generan representaciones y pautas para actuar en un intento por resolver algún problema, llevan a la práctica sus ideas y después reflexionan sobre los efectos de sus acciones [15].

Por lo tanto, la propuesta para el diseño de proyectos de intervención social y cultural [1] se justifica por la existencia de una situación problema prevalectante en una comunidad o escenario real que se quiere modificar o solucionar. Las y los autores de un proyecto bajo esta lógica ponen el acento en una planificación acuciosa. En particular, resulta relevante su estrategia para el diseño del presente proyecto que parte de la respuesta a 10 preguntas centrales (el qué, por qué, cómo), que desembocan ulteriormente en los apartados formales de dicho proyecto. La idea es que las personas que van a desarrollar el proyecto realicen una primera aproximación al mismo con las respuestas a las preguntas que se indican, y que permiten aclarar el

sentido, alcances y estrategia de intervención. Para estos autores es central que todo proyecto proponga un curso de acción concreto y bien definido, y que al mismo tiempo tenga claros los productos y resultados a los que pretende arribar. Hay que observar que los elementos esenciales corresponden a los de un abordaje científico y técnico pertinente al ámbito de las ciencias sociales. Dichas preguntas y descripciones se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Pasos estratégicos para el diseño del proyecto

No.	Preguntas	Elementos del proyecto
1	¿Qué se quiere hacer?	Naturaleza del proyecto: proyecto educativo entre BINE y Casa de la Niñez Poblana.
2	¿Por qué se quiere hacer?	Origen y fundamentación: porque es necesario que las alumnas realicen voluntariado en el albergue con el rol de «mamás canguro».
3	¿Para qué se quiere hacer?	Objetivos, propósitos: para beneficiar a los infantes mediante cantos y arrullos que contribuyan a su desarrollo integral.
4	¿Cuánto se quiere hacer?	Metas: 5 alumnas en intervención docente con 5 infantes.
5	¿Dónde se quiere hacer?	En Casa de la Niñez Poblana.
6	¿Cómo se va a hacer?	Procedimiento: mediante sesiones de intervención pedagógica con los infantes con la aplicación de cantos, actividades lúdicas y arrullos.
7	¿Cuándo se va a hacer?	Ubicación en el tiempo: calendarización o cronograma previsto. Febrero a marzo de 2023.
8	¿A quiénes se dirige?	Destinatarios, beneficiarios: 5 infantes del albergue «Casa de la Niñez Poblana».
9	¿Quiénes lo van a hacer?	5 estudiantes de la Licenciatura en Educación Inicial del BINE bajo la guía del asesor.
10	¿Con qué se va a hacer/costear?	Recursos y materiales financieros: con apoyo de CONCYTEP, recursos de la Licenciatura y propios.

Fuente: Ander-Egg y Aguilar (1998).

El movimiento educativo que propugna el aprendizaje en el servicio tiene diversos referentes. De inició destacan las ideas de John Dewey acerca de la educación democrática y del aprendizaje experiencial, así como los componentes de la enseñanza reflexiva de Shön, pero también aparecen citados enfoques como el «humanismo y el constructivismo sociocultural» [15].

Resultados/ Discusión de resultados

En el texto «Modelo de atención con enfoque integral para la educación inicial», se establecen las siguientes preguntas [5]: ¿Qué significa vivir la música y hacer música cuando los niños tienen entre cero y tres años? ¿Cómo hace un agente educativo música con bebés e infantes? ¿Existe una música más recomendada que otra? Estas interrogantes resultan relevantes en Educación Inicial. No obstante, es importante resaltar que la meta más clara en la educación musical es que la niña o el niño ame la música, que pueda establecer con ella una relación de juego, de creación, de exploración y que construya un medio de expresión y gozo.

En el mismo documento se describe que la experiencia musical nace para la niña o el niño en el vientre materno, pues percibe los latidos del corazón de su madre y sus ruidos internos; luego, a partir del cuarto o quinto mes de gestación, los ruidos de afuera y sobre todo la voz de la madre, la cual se vuelve reconocible entre muchos otros estímulos sonoros. Esos primeros sonidos, ese timbre de la voz de la madre, funcionarán para la niña o el niño como organizadores de los sonidos del mundo [5].

Al mismo tiempo, se describe que en la tarea de hacer música con los infantes resulta muy importante la exploración sonora: objetos diversos (palanganas, recipientes plásticos, latas, cajas) y la percusión con las manos; sonajas rellenas con distintos elementos (variedad de semillas, tapitas de plástico, de lata); maderas que se raspan entre sí, el agua en una cacerola y las manos de infantes jugando a producir sonidos suaves, cortados, de agua tumultuosa; experiencias sonoras con elementos no convencionales, porque el sonido está por todas partes y el arte está profundamente ligado a la investigación y al juego. Se deben flexibilizar las concepciones musicales y volver a buscar el sonido en todo lugar posible; salir al parque a escuchar el sonido de los pájaros, escuchar la lluvia, los truenos, el ruido de los pies al correr [5].

También se describe que el juego de exploración facilita en las niñas y los niños la regulación del tiempo, la escucha y los acerca además a conocimientos específicos del campo de la música. Por lo general, el primer juguete que se les ofrece a niños y niñas es una sonaja. Ese objeto es heredero del primer instrumento musical. La sonaja, junto con el tambor, fueron los primeros instrumentos musicales que pasaron de generación en generación [5].

Otro aspecto valioso que se destaca es la voz del agente educativo y su deseo de cantar también hacen el goce estético del infante, ya que no es precisamente la mejor afinación la que lo conecta, sino la mejor disposición, la voz más entregada y el canto más fluido. Cantar, escuchar, explorar sonidos, jugar con el silencio, percutir y bailar son posibilidades de acercar a niños y a niñas a ricas experiencias artísticas [5].

Por tanto, la música posibilita experiencias sensoriales que favorecen su desarrollo integral, el conocimiento de su cuerpo y sus posibilidades de movimiento en coordinación y equilibrio, el despliegue de sus capacidades expresivas y el crecimiento del lenguaje a través de los juegos de palabras. Además, afirma la interiorización de conceptos musicales, como la altura, intensidad, duración, textura, forma y sobre todo el placer de crear y expresarse [5].

Un espacio para las niñas y los niños con experiencias musicales fluidas y variadas implica un ambiente de aprendizaje, de una relación generosa con el arte y de la comunicación en buen funcionamiento. Es importante también considerar el repertorio, realizar una búsqueda, indagar en los acervos tradicionales y seleccionar dentro de la música aquellas canciones y grupos musicales que tomen en cuenta su sensibilidad, siempre con la calidad musical como premisa [5].

En el documento del Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) titulado «Cantos y arrullos» se encuentra lo siguiente [17]: Alguna vez ¿has observado a una mamá o a otro adulto cantarle a un bebé?, ¿sabes por qué lo hace?, ¿crees que al niño le guste?, ¿recuerdas si alguien de tu familia te cantaba? Recuerdas ¿qué canción era? ¿Te has preguntado qué tan importante es la música para los bebés? O te has detenido a pensar en ¿qué significa esa experiencia donde un cuidador y un bebé tienen la oportunidad de tener un contacto muy cercano, acompañándose de una melodía llena de amor?

Como hoy en día se sabe, durante los primeros años de vida de un bebé, aunque pase desapercibido para las personas adultas, se construyen los cimientos que servirán de base para el desarrollo cognitivo, social y afectivo de toda la vida de una persona. Por todo anterior, es importante que los bebés tengan experiencias con la música, pero también es necesario revisar diferentes textos que permitan comprender, comentar con otros y profundizar sobre la importancia de cantarles a las niñas y los niños, incluso antes de que nazcan y quererlos mucho para que sean seguros de sí mismos y puedan aprender [17].

Nota: El proyecto aún no se aplica y concluye, por ese motivo no se tienen resultados finales, los cuales se generarán durante febrero y marzo de 2023.

Conclusiones

El tema de los cantos y arrullos, y en general el tema de la música para bebés, forma parte de los elementos que se integran a los ambientes de aprendizaje, ya que es necesario organizarlos para que tengan ricas experiencias y aprendan. En este sentido, son varios las y los autores que destacan los beneficios del uso de la música con cantos y arrullos. Así, se presentan en los siguientes tres aspectos: a) La música para fortalecer los vínculos afectivos entre el infante y su cuidador, b) La música para que el bebé empiece a establecer la comunicación con los adultos, y c) La música para contribuir a la construcción del proceso de lenguaje [17].

Al mismo tiempo se destaca que la música forma parte de la vida cotidiana, con frecuencia se canta, se juega con ella, se hace música o se escucha música grabada; es común cantar arrullos a las niñas y los niños al dormir, cantar cuando se juega con sus manos, hacer obras de títeres, donde la música tiene un papel primordial. Para los infantes, escuchar música es un aspecto indispensable que les permite distinguir sonidos o diferenciar voces [17].

Por tanto, es importante instaurar en el trabajo con bebés, niños y niñas un espacio en el que disfruten de la música, donde, además de escuchar, jueguen con diversos instrumentos que tengan a su alcance o sean fabricados por los propios padres y madres, donde utilicen objetos de la naturaleza para realizar diversos instrumentos o para producir sonidos [17].

También es importante que dialoguen y compartan experiencias y diversos estilos de música, que hagan música con su propio cuerpo o con objetos. Permitir que desde los primeros meses de vida escuchen música, exploren sonidos de voces, de objetos o de instrumentos musicales, distingan entre ruido y silencio o la voz son formas de estímulo para iniciar su construcción mental que más adelante les permitirá discriminar palabras, tonalidades y sentar las bases de las operaciones lógicas para las matemáticas, la lectura y la escritura [17].

Para seleccionar música, será primordial que se busquen diferentes opciones musicales, que sean escuchadas por los propios infantes y que se observen cuáles son de su interés o agrado. Entre las opciones puede seleccionarse música de estilos diversos como: clásica, jazz, folclore de México y otros países, música popular, música en diversas lenguas e infantil, entre otras [17].

Otra experiencia valiosa al trabajar con música y con voces es que las niñas y los niños se mueven de acuerdo con el ritmo, se expresan corporalmente, se entusiasman y se encuentran con el arte y el descubrimiento.

El repertorio musical en que se encuentran inmersas las personas desde los primeros meses es muy amplio, pues abarca desde el latido del corazón hasta la voz de la persona responsable de su crianza, las canciones de cuna, las rimas,

las poesías y los susurros. La música siempre va a estar presente en la vida cotidiana, por lo que resulta importante darle un uso pedagógico mediante la aplicación de cantos y arrullos. Su uso no se debe quedar en un mero entretenimiento. Incluso, se considera que el tipo de música que escuchen las niñas y los niños influirá en su desarrollo.

Como agentes educativos, es necesario estar al tanto de lo que escuchan los infantes y al mismo tiempo utilizar la música para estimular su desarrollo. Desde edades tempranas, la música debería ser usada como recurso pedagógico de enseñanza, ya que genera que las niñas y los niños escuchen con atención la melodía, el ritmo y la letra, haciendo que desarrollen uno de los sentidos más necesarios para adquirir el lenguaje: el oído. De igual forma, al enseñar por medio de la música, se trabaja la socialización porque existe un intercambio constante de comunicación entre la agente educativa, los infantes y la música.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

A partir de la experiencia en el acercamiento entre el BINE y el albergue «Casa de la Niñez Poblana» se visualiza la posibilidad de establecer vínculos académicos con un mayor número de docentes en formación que participen en proyectos educativos para beneficio de las comunidades desfavorecidas.

Agradecimientos

Se agradece a los directivos de la Casa de la Niñez Poblana por el apoyo para la realización del proyecto. A la Licenciatura en Educación Inicial del BINE por las facilidades para el desarrollo del proyecto. Un agradecimiento especial al CONCYTEP por el apoyo financiero.

Referencias bibliográficas

- [1] M. J. Ander-Egg E. y Aguilar, Cómo elaborar un proyecto. Guía para diseñar proyectos sociales y culturales., Argentina: Lumes/Hvmanitas, 1998.
- [2] S. d. E. Pública, «Gobierno de México,» 01 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/sep/documentos/programa-sectorial-de-educacion-2020-2024>. [Último acceso: 21 agosto 2022].
- [3] G. d. E. d. Puebla, «Gobierno del Estado de Puebla,» 05 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/sep/documentos/programa-sectorial-de-educacion-2020-2024>. [Último acceso: 21 agosto 2022].
- [4] S.E.D.G. d. Puebla, <<Casa de la Niñez Poblana >> DIF Puebla, 20 de noviembre 2019. [En Línea]. Available: <https://difestatal.puebla.gob.mx/casas-de-asistencia/casa-de-la-ninez-poblana>. [Último acceso: 21 agosto 2022].
- [5] S. d. E. Pública, Modelo de atención con enfoque integral para la educación inicial, México. D.F.: SEP, 2017 Available: https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/mx_o102.pdf. [Último acceso: 21 agosto 2022].
- [6] S. d. E. Pública, «Educación Inicial: un buen comienzo. Gobierno de México,» 20 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/index-descargas-LMP-inicial.html>. [Último acceso: 21 agosto 2022].
- [7] R. Bisquerra, Metodología de la investigación educativa, Madrid: La Muralla, 2009.
- [8] J. G. y E. G. G. Rodríguez, Metodología de la Investigación cualitativa, Bogotá: Ediciones Aljibe, 1999.
- [9] C. Monje., Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica, México: Trillas, 2011.
- [10] L. Antonio, Investigación acción. Conocer y cambiar la práctica educativa., Madrid: Graó, 2003.
- [11] J. L. Álvarez-Gayou, Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología., México: Paidós, 2003.
- [12] R. F. C. y P. B. Hernández, Metodología de la investigación, México: McGraw Hill Education, 2014.
- [13] J. M. y S. Schumacher, Investigación Educativa, México: Edición Pearson Educación, 2011.
- [14] L. Martínez, «La observación y el diario de campo en la definición de un tema de investigación,» *Revista perfiles libertadores*, vol. 4, n° 80, pp. 73-80, 2007.
- [15] F. Díaz-Barriga, Enseñanza situada. Vínculo entre la escuela y la vida., México: McGraw Hill, 2006.
- [16] J. Carbonell, Pedagogías del siglo XXI. Alternativas para la innovación educativa, Barcelona: Octaedro, 2015.
- [17] CONAFE. Cantos y arrullos. [En línea]. Available: <https://conafecto.conafe.gob.mx/recursos/materiales/pdf/CANTOS-Y-ARRULLOS.pdf>. [último acceso: 21 de agosto 2022]

Tendencias y necesidades de formación profesional en el área educativa: Perspectiva de egresados y estudiantes

^aJuárez Muñoz Rosalba¹ y ^aCroda Borges Gabriela²

^aUniversidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur 1103, Barrio de Santiago, C.P.72410, Puebla, Puebla.

¹rosalba.juarez@upaep.edu.mx, ²gabriela.croda@upaep.mx

Resumen

La formación de estudiantes y egresados de licenciaturas del área educativa es un tema relevante que, ante la situación de pandemia, adquirió mayor importancia porque se visibilizaron necesidades de formación latentes, al tiempo que surgieron nuevas oportunidades de formación para los profesionales de la educación. Ante la necesidad de generar propuestas de formación en el nivel de maestría que sean pertinentes y atiendan a las necesidades del contexto actual, como parte de un proceso de diseño curricular se realizó una investigación sobre las necesidades que reconocen los estudiantes y egresados de licenciaturas del área educativa para su formación y desarrollo profesional. La investigación se abordó desde la perspectiva socio-crítica que considera que el currículo es un proceso de co-construcción, colaborativo, interdisciplinar

y situado. La investigación fue cualitativa de tipo interpretativo y alcance descriptivo. Tuvo como objetivo: identificar tendencias y necesidades de formación y del trabajo profesional desde la perspectiva de estudiantes y egresados de licenciaturas del área educativa. El instrumento que se aplicó fue un cuestionario de preguntas abiertas mediante Google Forms. Los principales resultados revelan las necesidades de formación en el nivel de posgrados en educación sobre habilidades socioemocionales, incorporación pedagógica de tecnologías, metodologías didácticas innovadoras y desarrollo curricular.

Palabras clave: Diseño Curricular, Educación Superior, Formación de Profesionales.

Abstract

The training of students and graduates of bachelor's degrees in the educational area is a relevant topic that, given the pandemic situation, acquired greater importance because latent training needs became visible, at the same time that new training opportunities for education professionals emerged. In view of the need to generate training proposals at the master's degree level that are relevant and meet the needs of the current context, as part of a curriculum design process, research was conducted on the needs recognized by students and graduates of bachelor's degrees in the educational area for their training and professional development. The research was approached from a socio-critical perspective that considers that the curriculum is a process of co-construction, collaborative, interdisciplinary and

situated. The research was qualitative, interpretative and descriptive in scope. Its objective was to identify trends and needs of training and professional work from the perspective of students and graduates of bachelor's degrees in the educational area. The instrument applied was a questionnaire of open-ended questions using Google Forms. The main results reveal the training needs at the postgraduate level in education on socioemotional skills, pedagogical incorporation of technologies, innovative teaching methodologies and curriculum development.

Key words: Curriculum Design, Higher Education, Professional Training.

- ANECA, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
- COVID 19, Coronavirus

Introducción

En los procesos de investigación educativa, en concreto, en el ámbito curricular, cuando se requiere actualizar la propuesta formativa de los profesionales, es necesario realizar un estudio que permita repensar el perfil profesional con base en las necesidades de formación que surgen de las problemáticas socioeducativas para las que se busca formar al profesional que contribuya al bien común. Para definir el perfil del profesional en educación y plantear las funciones a atender en su desempeño profesional, resulta fundamental recurrir a fuentes válidas y pertinentes, en donde se expresa el perfil del profesional en cuestión. En el ámbito educativo, se reconoce que «los estudios de Pedagogía conducentes a la obtención de esta titulación habrán de proporcionar la formación teórica y práctica necesaria para el análisis, la intervención y el desarrollo de sistemas y procesos educativos en la organización y la administración del sistema educativo, en las prácticas de las instituciones escolares y en las diversas agencias de educación no formal». Real Decreto 915/1992, (B.O.E., 24 julio de 1992 citado por ANECA 2004). Lo anterior plantea

el marco básico de actuación desde donde se busca formar a los profesionales de la educación.

Esta investigación ubicada en el ámbito curricular se centra en el campo de la educación en el que se forman y desempeñan profesionales de la educación; en específico, aborda las necesidades de formación para plantear propuestas formativas, situadas y co-creadas que recuperan la voz de los actores educativos, en este caso estudiantes y egresados, para diseñar propuestas de formación que permitan el desarrollo profesional actualizado, en diferentes contextos de desempeño, como son: instituciones educativas (educación primaria, educación secundaria, educación especial), aulas hospitalarias, centros psicopedagógicos, áreas de formación, innovación, renovación pedagógica, así como en los dedicados a diseño y elaboración de recursos educativos.

La formación y el desarrollo de profesionales de la educación es un tema apremiante dada la importancia que la educación tiene en el progreso social y económico del país. Asimismo, se considera la función formadora de los profesionales de la educación en el ámbito de la docencia en el sentido de que: «el trabajo del maestro está situado en el punto en que se encuentran el sistema escolar (con una

oferta curricular y organizativa determinada), y los grupos sociales particulares. En este sentido, su función es mediar el encuentro entre el proyecto político educativo, estructurado como oferta educativa, y sus destinatarios, en una labor que se realiza cara a cara» (Fierro *et al.*, 1999, pp.20-21 citado por Contreras 2003). Desde esta perspectiva destaca la práctica docente y su carácter social, objetivo e intencional, así como, sus dimensiones: personal, institucional, interpersonal, social, didáctica y valoral.

Ante la situación de pandemia por COVID-19 en el país y en el estado de Puebla, se han visibilizado con mayor intensidad las diferentes necesidades de formación que han existido, asimismo, han salido a flote nuevas necesidades de formación en los profesionales de la educación. Para ello, se reconoce la necesidad de generar propuestas innovadoras y pertinentes que atiendan a las necesidades de formación de profesionales de la educación para responder a los retos y las necesidades educativas emergentes con perspectiva ética y orientadas al bien común. Una de las vías desde las cuales es posible reconocer las necesidades formativas en el ámbito del diseño curricular es la consulta a los actores educativos, por lo cual esta investigación se planteó como objetivo identificar las necesidades de formación de profesionales de la educación con base en la perspectiva de estudiantes y egresados, a fin de co-crear una propuesta de formación, situada en el contexto social y educativo, que permita contar con un diagnóstico de las áreas de formación de las y los profesionales de la educación, para reconocer aspectos en los cuales innovar mediante propuestas de formación creativas y pertinentes que brinden formación integral y que contribuyan a la calidad del aprendizaje del estudiantado. En este sentido, se retoma la idea planteada por la UNESCO, sobre

el futuro de la educación «como un espacio para el diseño democrático que está conectado a, pero no limitado por, el pasado y el presente» (s.f.).

Asimismo, existe la necesidad de formación de nivel posgrado de los profesionales en la educación para innovar en los procesos curriculares, participar en la generación de sistemas y procesos de evaluación de programas y proyectos educativos, acompañar los procesos de formación y desarrollo profesional docente que son necesarios para atender las necesidades educativas que se han agudizado a causa de la pandemia, incidiendo en cobertura, calidad y equidad, con el consecuente aumento del rezago educativo.

Para realizar el análisis de las necesidades formativas de los profesionales de la educación en el contexto macro social con fines de diseño y adecuaciones curriculares, el enfoque socio crítico permite reconocer, como señala McLaren (1994), que las escuelas, como esferas públicas democráticas tienen como principal función educar para la acción transformadora de la sociedad global. En este sentido, se aborda el currículum, considerándolo como «construcción sociocultural signada por valores, implicando una propuesta ético-política. Este es el significado de formación, de sentido educativo, elaborado, comprendido desde la subjetividad. En una perspectiva crítico-social sería aquel espacio ético eminentemente en el que se analizan, valoran, deciden opciones de formación, de proyección educativa, escolar, académica, social.» (Figueroa, 2011, p. 181).

Finalmente, cabe mencionar que, si bien hay un perfil de formación, determinadas competencias, que todos los profesionales educativos deberían desarrollar ante el contexto dinámico, cambiante e incierto, surgen nuevos retos educativos y, por lo tanto, nuevas necesidades de

Categorías		Preguntas a estudiantes	Preguntas a egresados
Tendencias prospectiva	y	¿Cuáles son las principales tendencias que identificas en el contexto educativo desde tu experiencia como estudiante?	¿Cuáles son las principales tendencias que identifica en el contexto educativo desde su experiencia profesional?
Directrices de la profesión		¿Cuáles son las necesidades de formación en los profesionales de la educación que identificas a partir de la pandemia por COVID 19?	¿Cuáles son las necesidades de formación en los profesionales de la educación a partir de la pandemia por COVID 19?
Ámbitos laborales		¿En el área donde realizas o realizaste prácticas profesionales que nuevas necesidades de formación se requieren? ¿Qué nuevas competencias son consideradas necesarias para tu desempeño próximo como profesional de la educación?	¿En el área laboral en la que se desempeña qué nuevas necesidades de formación se requieren? ¿Qué nuevas competencias considera necesarias para su desempeño como profesional de la educación?
Prácticas vigentes		¿Qué nuevos conocimientos están solicitando los empleadores? ¿Qué nuevas habilidades y destrezas están solicitando los empleadores? ¿Qué nuevas actitudes y valores están solicitando los empleadores?	¿Cuáles son los conocimientos que están solicitando los empleadores? ¿Cuáles son las nuevas habilidades y destrezas que están solicitando los empleadores? ¿Cuáles son las actitudes y valores que están solicitando los empleadores?
Prácticas decadentes		¿Qué prácticas de la profesión educativas están decayendo y cada vez son menos necesarias?	¿Qué prácticas de la profesión educativas están decayendo y cada vez son menos necesarias?

Tabla 1. Categorías y preguntas de estudio

formación que aportan a la formación de profesionales de la educación que contribuyan a la transformación para el bien común en el estado de Puebla.

Materiales y métodos

El método seguido para identificar las necesidades de formación se planteó desde el enfoque cualitativo y de tipo interpretativo. El objetivo de la investigación fue identificar tendencias y necesidades de formación y del trabajo profesional desde la perspectiva de estudiantes y egresados de licenciaturas del área educativa.

El contexto del estudio fueron universidades de Puebla, seleccionadas de acuerdo a criterios de conveniencia. Participaron 51 estudiantes y 9 egresados de programas académicos de nivel licenciatura en el área educativa.

Se plantearon cinco categorías de estudio que se presentan en la Tabla 1, como base teórica y metodológica para identificar las funciones profesionales y el ámbito de desarrollo profesional sobre las siguientes categorías: tendencias y prospectiva, directrices de la profesión, ámbitos laborales, prácticas vigentes y prácticas decadentes.

El cuestionario se construyó con base en el análisis de documentos que permitió generar una matriz de categorías teóricas. La aplicación del cuestionario de preguntas abiertas se realizó mediante la técnica de respuesta autoadministrada e independiente a través de Google Forms y tuvo como objetivo: identificar y comprender las tendencias, necesidades e intereses de formación en el nivel maestría, desde la perspectiva de estudiantes y egresados de licenciaturas del área educativa.

El cuestionario tuvo dos versiones: la dirigida a estudiantes y la versión para egresados. La primera sección referida a datos de identificación se integró por seis preguntas en el caso de estudiantes y 12 en el caso de egresados. En cuanto a la versión dirigida a estudiantes, el cuestionario se conformó por nueve preguntas abiertas y en el caso de egresados ocho preguntas abiertas.

Cabe señalar que para el proceso de recopilación y análisis de datos se atendieron a las recomendaciones éticas de la investigación, como son: el consentimiento informado y la privacidad de los datos de los participantes, lo cual se hizo saber al momento de realizar la invitación para participar en la investigación y en el cuestionario que incluyó el siguiente mensaje: los resultados serán utilizados con fines académicos y tratados de manera confidencial.

Resultados/ Discusión de resultados

Con base en los datos recopilados, a continuación, se presentan los resultados de la investigación. En primer lugar, se presentan los resultados aportados por estudiantes y posteriormente, lo concerniente a los egresados.

Resultados con base en el cuestionario dirigido a estudiantes

Con relación a los participantes en el estudio, se contó con estudiantes de tres distintos programas académicos de las licenciaturas en Pedagogía e innovación educativa, Lenguas extranjeras y Psicopedagogía, de dos universidades participantes.

Participaron 51 estudiantes, siendo la mayoría mujeres de un rango de edad entre los 20 y 32 años. Asimismo, las y los estudiantes consultados se encuentran en el sexto y octavo semestre de las licenciaturas referidas. Un poco más de la mitad ha manifestado tener experiencia en la docencia, mientras que es posible apreciar que el resto no ha tenido experiencia práctica en ninguna área de la educación. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados conforme a las preguntas planteadas.

En la Tabla 2, se identifica que los estudiantes reconocen tendencias de innovación en ámbitos de tecnología educativa, curricular y didáctica, así como las tendencias de formarse para desarrollar procesos educativos en el contexto empresarial.

Resultados con base en el cuestionario dirigido a egresados

En este estudio participaron nueve egresadas de entre 22 y 28 años. En este caso, todas mujeres de dos universidades de Puebla. Algo que tienen en común es que seis de las nueve son egresadas de licenciaturas de Pedagogía y las restantes de Lenguas extranjeras. Cabe mencionar que son egresadas que en su mayoría no tienen más de 5 años laborando en el ámbito educativo y se encuentran en instituciones educativas de nivel preescolar, primaria, secundaria, bachillerato y licenciatura; gestión y organización educativa, formación de formadores, desarrollo curricular y de programas educativos, evaluación y orientación educativa. Asimismo, la mayoría no cuenta con estudios de maestría, pero sí tienen el interés de realizar una. A continuación, los datos más relevantes recabados a través del instrumento aplicado (Tabla 3).

Por último, es necesario mencionar que en este caso se muestra que las áreas de interés para continuar la formación y el desarrollo profesional se encuentra en las siguientes maestrías: Pedagogía social o liderazgo organizacional, Innovación educativa y tecnológica,

Diseño curricular, Administración de instituciones, Lenguas y lingüística, Enseñanza de español para extranjeros o lingüística, Psicopedagogía, Neuropsicología, Administración - capital humano - y Pedagogía en el caso de las egresadas de Lenguas extranjeras.

Con la información obtenida se llevó a cabo un análisis de los datos. Para ello se buscó reconocer las problemáticas socioeducativas, describir su incidencia en la educación, priorizar la importancia de cada problemática e identificar las necesidades de formación haciendo visibles las realidades compartidas desde la visión de estudiantes y egresados ya insertos en el mundo laboral y, con ello, haciéndolos partícipes de la co-creación situada del currículum.

Estos hallazgos hacen visibles realidades compartidas desde la visión de estudiantes y egresados ya insertos en el mundo laboral y, con ello, hacerlos partícipes de la co-creación situada del currículum. Para ello se plantean las siguientes propuestas de mejora (Tabla 4 y Tabla 5) haciendo alusión a la práctica docente y sus dimensiones planteadas por (Fierro, *et al.*, 1999, pp.20-21 citado por Contreras 2003).

Preguntas	Respuestas
Principales tendencias que se identifican en el contexto educativo	- Uso de tecnología y herramientas digitales - Aprendizaje según el contexto. - Aprendizaje colaborativo y constante. - Habilidades socioemocionales - Innovación curricular - Pedagogía empresarial
Necesidades de formación a partir de la pandemia por COVID 19.	- Necesidad de actualizarse y hacer uso de la tecnología para la creación de actividades - Contar con las instalaciones e infraestructura necesaria para el uso de la modalidad híbrida en las instituciones de formación. - Mejor dominio de contenidos - Uso de estrategias de enseñanza - Aplicación de actividades recreativas, innovadoras y lúdicas. - Metodologías activas - Material didáctico manipulable - Habilidades socioemocionales - Habilidades para la innovación educativa
Competencias identificadas como necesarias para un desempeño futuro	- Desarrollo de pensamiento crítico - Dominio de contenido - Habilidades socioemocionales - Uso de la tecnología - Estrategias de enseñanza-aprendizaje. - Habilidades sociales y de resolución de problemas una vez insertos en una institución educativa.
Competencias que están solicitando los empleadores	- Conocimientos en el uso de Office. - Propuestas de mejora en la escuela - Conocimientos de currículum - Planes y programas de estudio - Innovaciones - Modalidades de lectura Segundo idioma inglés - Valores - Experiencia - Cursos y certificaciones
Prácticas educativas decedentes	- Modelo tradicionalista y transmisión de conocimientos - Uso de material elaborado y audiovisual - Materias relacionadas con la ética y los valores. - Materias relacionadas con las artes - Lectura - Materias relacionadas con las emociones - Actividades relacionadas con la cultura

Tabla 2. Resultados del cuestionario dirigido a estudiantes

Pregunta	Respuestas
Principales tendencias identificadas desde la experiencia profesional	- Responsabilidad y actualización en el uso de Tics y Tacs. - Innovación educativa y en la didáctica digital. - Preparación para el ámbito laboral - Inteligencia emocional - Desarrollo de habilidades para la vida - Metodologías holísticas - Pensamiento crítico - Nuevas modalidades educativas - Programas internacionales - Mayor complejidad en la evaluación - Profesores menos listos para formar
Nuevas necesidades de formación a partir del COVID 19.	- Uso de plataformas educativas - Aprender a innovar - Estrategias de educación a distancia - Empatía y apertura al cambio - Habilidades socioemocionales - Estrategias de planeación y evaluación
Necesidades de formación en el ámbito laboral del desempeño actual	- Capacitación docente, seguimiento académico de alumnos y docentes - Estrategias de evaluación - Acompañamiento psicológico, emocional y desarrollo del pensamiento crítico - Nuevas tendencias didácticas - Conocimiento de currículo - Liderazgo educativo
Competencias necesarias para el desempeño profesional actual	- Uso de herramientas tecnológicas - Organización del tiempo - Formación constante - Trabajo en equipo y liderazgo educativo - Trabajo con habilidades especiales - Innovación y conocimiento del currículum - Valores - Actualización lingüística - Habilidades psicológicas, emocionales. - Estrategias pedagógicas y de evaluación
Conocimientos, habilidades y destrezas que están requiriendo los empleadores	- Conocimientos tecnológicos y de aulas virtuales - Pensamiento crítico y resolución de problemas - Habilidades comunicativas - Habilidades emocionales y de resiliencia - Habilidades didácticas
Prácticas decadentes	- Modelos tradicionalistas y prácticas conductuales - Concepción del alumno - Pérdida de la empatía e interacción entre el docente-alumno - Uso de dinámicas, recursos didácticos y prácticas de campo y sociales en las aulas - Educación emocional - Formalidad en la planeación - Prácticas inclusivas

Tabla 3. Resultados del cuestionario dirigido a egresados

Instituciones de desempeño	Líneas de acción	Necesidad de formación identificada	Propuesta de mejora
Instituciones de educación preescolar, primaria, secundaria, bachillerato, licenciaturas y doctorados.	Práctica docente	Dimensión didáctica: - Estrategias de enseñanza aprendizaje para los nuevos entornos virtuales Tics y Tacs.	- Realizar adecuaciones y un equilibrio entre la parte teórica y práctica en los planes y programa de estudio. - Diversificar el conocimiento y práctica en los diferentes ámbitos en los que se puede desempeñar un profesional de la educación, es decir, en las empresas, editoriales, centros hospitalarios, en los ámbitos empresariales etc. - Incluir planes formativos en cuanto a las habilidades socioemocionales desde que los estudiantes se están formando en las instituciones educativas. - Implementar planes de egreso a los estudiantes y de seguimiento a los egresados y de esta manera se sientan más preparados, apoyados cuando se insertan en un contexto profesional.
		Dimensión personal: - Habilidades socioemocionales, psicológicas, habilidades comunicativas, pensamiento crítico y de resolución de problemas.	
		Dimensión institucional: - Procesos formativos y de seguimiento a egresados y estudiantes.	
		Dimensión social: - Resignificación de la importancia del profesional de la educación en el proceso educativo de los estudiantes.	
	Currículo, planes y programas de estudio que forman a las y los profesionales de la educación.		- Desde el currículo de formación de las licenciaturas afines a la educación incluir más materias de adentramiento al currículum, planes y programas de estudio, legislaciones educativas, estrategias de enseñanza, acompañamiento, tutoría y seguimiento a los estudiantes y egresados. - Fomentar la formación desde el currículo impartida de un segundo idioma (inglés) y del manejo de paquetería de Office.
	Centros de trabajo		- Desde las instituciones educativas y planes gubernamentales incentivar la mejora de los bienes inmobiliarios y de infraestructura en las instituciones educativas que forman a los profesionales de la educación.

Tabla 4. Propuestas de mejora de la dimensión contexto educativo desde los estudiantes

Instituciones de desempeño	Líneas de acción	Necesidades de formación	Propuesta de mejora
Instituciones de educación preescolar, primaria, secundaria, bachillerato, licenciaturas y doctorados.	Práctica docente	Dimensión personal: Formación en habilidades socioemocionales, psicológicas, apertura al cambio, resiliencia, pensamiento crítico y resolución de problemas. Dimensión didáctica: Metodologías holísticas, acompañamiento y tutoría al estudiante. Formación en las nuevas modalidades educativas y tecnológicas. Dimensión institucional: Formación continua, planes de seguimiento. Habilidades comunicativas entre los diferentes agentes educativos.	Implementar estrategias de acompañamiento al recién egresado que se inserta en el ámbito profesional. Fomentar planes formativos relacionados con el manejo emocional del docente tanto a nivel personal como educacional sobre cómo actuar e intervenir en procesos emocionales que se suscitan con los estudiantes. Profesionalización docente en cuanto a nuevas metodologías, modalidades virtuales, innovación educativa, investigación docente, desarrollo de nuevos programas y proyectos educativos tanto en el ámbito formal como en el informal.
	Currículo, planes y programas de estudio que forman a las y los profesionales de la educación.		Profesionalización en cuanto al currículum y legislaciones. Profesionalización docente en cuanto a la inclusión educativa y del manejo de un segundo idioma (inglés).

Tabla 5. Propuestas de mejora de la dimensión contexto educativo desde los egresados

Conclusiones

Con base en los resultados antes referidos se cuenta con un diagnóstico de las tendencias y necesidades de formación de las y los profesionales de la educación como insumo para el diseño curricular de un programa de maestría mediante estrategias de co-creación, en el que se recupera la voz de los actores educativos, para que, mediante trabajo colaborativo, se integre una propuesta formativa democrática y fundamentada que aporte referentes a las instituciones que ofrecen programas de profesionalización docente para egresados, considerando la valoración desde la mirada de distintos agentes relacionados con el programa académico.

Entre las tendencias y necesidades de formación identificadas destacan la formación para la innovación educativa, curricular y didáctica, integrando metodologías de enseñanza aprendizaje diversificadas, contextualizadas, incorporando pedagógicamente las tecnologías, así como el desarrollo de habilidades socioemocionales y superando los enfoques tradicionales que prevalecen en la enseñanza en el contexto actual.

Se recomienda complementar el diagnóstico con el análisis reflexivo del programa sobre la situación histórica, prevaleciente y en prospectiva de la formación del profesional en los ámbitos local, regional, nacional e internacional, en un área de conocimiento determinada, mediante el análisis del marco social, el desarrollo de la disciplina y la profesión, las orientaciones de organismos rectores en

el ámbito profesional y la oferta educativa de programas académicos afines que permitan identificar las necesidades sociales en el ámbito de desempeño de la profesión y perfilar las funciones profesionales en las que se pretenda formar al profesional.

Se espera que este análisis sea un referente que permita alcanzar el propósito de diseñar una propuesta curricular para maestría sobre las necesidades de formación profesional de las y los egresados, así como un referente para hacer adecuaciones al marco curricular y plan de estudios de las y los estudiantes de educación en formación en el estado de Puebla, entidad caracterizada por contar con una amplia gama de instituciones normales y de educación superior que forman profesionales de la educación, para que esta formación se atienda de manera global y con perspectiva ética.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Como continuidad del proceso de diseño curricular, se recomienda integrar la perspectiva de empleadores, especialistas en educación y actores sociales de la sociedad civil para fortalecer y completar el análisis de las tendencia y necesidades en el macro contexto social para el diseño de una propuesta de formación de profesionales de la educación que contribuya a la transformación para el bien común.

Agradecimientos

Agradezco al grupo de la asignatura de desarrollo curricular que fue el marco en el que se desarrolló el proyecto, así como, a la Dra. Gabriela Croda Borges por invitarme a presentar el proyecto de investigación en este espacio y por ser mi asesora en el proceso. De igual manera, agradezco a los estudiantes y egresados de las distintas instituciones de educación superior que participaron en esta investigación.

Referencias bibliográficas

- ANECA. (2004). Libro Blanco, Título de Grado en Pedagogía y Educación Social. Madrid: Orense
- Fierro, C., Fortoul, B y Rosas, L. (1999). Transformando la Práctica Docente, Una propuesta basada en la Investigación Acción. México: Paidós.
- Figuroa de Katra, L. y Linares, P. (1993) «El currículum universitario ante los retos del Siglo XXI. Ámbito Universidad Veracruzana» en Rev. Colección Pedagógica Universitaria, No. 23-24, p.293-296, Xalapa, Ver. México, Instituto de Investigaciones en Educación. Universidad Veracruzana.
- McLaren, P. (1984). La vida en las escuelas. Una introducción a la pedagogía crítica en los fundamentos de la educación. Argentina: Siglo XXI.
- UNESCO. (s. f.). Los futuros de la educación. <https://es.unesco.org/futuroseducation/la-iniciativa>.

Material de consulta:

- Croda, G. (2021). Orientaciones metodológicas para los procesos curriculares. En: Desarrollo curricular. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. México.



Humanidades

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

La ciencia no tiene género: análisis del desarrollo de la mujer en las diferentes disciplinas de la ciencia

^a Francisco Dominguez Diana Shiraly, ^b Ramos Barrales Ángel Fernando* y ^b Tlaxcalteca Cruz Andrea Nazareth

^a Instituto Tecnológico Superior de las Choapas, Carretera Las Choapas - Cerro de Nanchital, J. Mario Rosado, 96980 Las Choapas, Veracruz.

^b Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Avenida San Claudio s/n, Ciudad Universitaria, La Hacienda, C.P. 72592, Puebla, Puebla.

*angel.f.amos.b@gmail.com

Resumen

La participación de la mujer en la ciencia en México y en específico en el estado de Puebla es un tema de relevancia para el desarrollo regional y nacional, puesto que desde la última década se han impulsado estrategias que permitan el incremento de la población femenina en áreas que tradicionalmente han sido ocupadas mayoritariamente por hombres. Además, en los últimos años se ha visto un estancamiento en este avance, de acuerdo con cifras del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), ya que desde el 2017 la

participación de mujeres se encuentra entre 33 y 35 %, y este no se ha incrementado. Por otro lado, «las mujeres científicas han sabido abrirse camino hacia mayor presencia en las agendas nacionales orientadas a un desarrollo inclusivo» (UNESCO, 2022). A pesar del incremento de la incursión de las mujeres en ámbitos científicos y tecnológicos, estos avances se han dado con sesgos disciplinares, ya que en las áreas STEM las mujeres no han logrado involucrarse en igualdad con los hombres.

Palabras clave: ODS, STEM, CONAHCYT, Mujeres.

Abstract

The participation of women in science in Mexico, and specifically, in the state of Puebla, is an area of relevance for regional and national development, since, since the last decade, strategies have been promoted that allow the increase of the female population in areas that have traditionally been developed by men, also in recent years there has been a stagnation in this progress according to figures from the SNI (National System of Researchers) of CONACYT (National Council of Science and Technology), since 2017 the participation of women is between 33 and 35 % and this has not increased.

On the other hand, «women scientists have been able to make their way towards greater presence in national agendas aimed at inclusive development» (UNESCO, 2022). In spite of the advances that we perceive, and that there is indeed an increase in the incursion of women in scientific and technological fields, these advances have occurred with disciplinary biases, since in STEM areas, women have not been able to become involved on an equal footing with men.

Keywords: ODS, STEM, CONAHCYT, Women.

- AMC, Academia Mexicana de Ciencias
- CONAHCYT, Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología
- ODS, Objetivos de Desarrollo Sostenible
- ONU, Organización de las Naciones Unidas
- SAGA, STEM and Gender Advancement (STEM y Avance de Género)
- SARS-CoV-2, virus causante de la enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19)
- Sexo, características biológicas y fisiológicas que definen al hombre y a la mujer
- SNII, Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores
- STEM, Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas)
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Introducción

«Nunca me harás creer que las mujeres fueron hechas para caminar sobre zancos»

Marie Curie

Maria Salomea Skłodowska-Curie, conocida como Marie Curie (1867-1934), fue una de las pioneras de la ciencia, al ser la primera mujer de la historia en ganar un Premio Nobel en dos ocasiones (el de Física, en 1903, y el de Química, en 1911). Fue una de las primeras feministas de la historia. Con su valentía, inteligencia y tenacidad logró destacarse a nivel mundial, a pesar del entorno machista que reinaba en esa época. Sus descubrimientos y legado, que cambiaron el curso de la ciencia en su época, están vigentes hasta el día de hoy (García, 2006).

La inclusión de la mujer a los diversos campos de la ciencia no ha sido nada fácil. «Durante mucho tiempo se le negó el acceso a la educación y anteriormente era mal visto que estudiaran una carrera profesional. Hoy en día estas barreras están desapareciendo, pero aún falta

mucho para lograr un avance equitativo entre mujeres y hombres» (Corona, 2022).

En la actualidad, las mujeres y las niñas representan la mitad de la población mundial y, en consecuencia, la mitad de su potencial, de ahí la necesidad de generar las condiciones de igualdad de género en todos los ámbitos, si queremos garantizar el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible al que se han comprometido un importante número de países» (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, 2022).

En el artículo «Mujeres en la ciencia mexicana, aportes y esfuerzos por la igualdad de género», publicado por el servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022), se estima que de acuerdo a cifras de la UNESCO a nivel mundial, aunque las mujeres representan 33 % de todos los investigadores, solo 12 % de los miembros de las academias científicas son mujeres. Por otro lado, de acuerdo con Marlene Corona (2022) las mujeres reciben becas de investigación más reducidas que sus colegas hombres, además de que les resulta más difícil obtener capitales de riesgo para *startups* de ciencia y tecnología. Asimismo, las mujeres se encuentran subrepresentadas en los campos de las STEM (Science, Technology,

Engineering and Mathematics), pues solo el 35 % de personas inscritas corresponden al género femenino.

La UNESCO (s.f) con el objetivo de reducir la brecha de género en los campos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), en todos los niveles de educación e investigación, ha lanzado el Proyecto SAGA (STEM and Gender Advancement, por sus siglas en inglés), el cual contribuye a la promoción de mujeres y niñas en STEM, apoyando a las principales partes interesadas en el diseño e implementación de políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) para la igualdad de género. También proporciona formas de desarrollar y acceder a evidencias para poder evaluar las políticas de CTI, utilizando datos desagregados por sexo y recopilando nueva información sobre impulsores y barreras en STEM.

En este contexto, el Gobierno de Puebla muestra el compromiso por sumarse en este esfuerzo global al considerar en el Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2019-2024 los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el cual el objetivo número cinco es el lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas. Por lo tanto, desarrollar estos trabajos de investigación contribuye de manera significativa al alcance de estos objetivos, fomentando la inclusión e integración social en temas de igualdad de género, logrando disminuir esta brecha y fortaleciendo los sistemas de ciencia, así como en la tecnología e innovación.

Materiales y métodos

El presente proyecto consistió en un tipo de investigación descriptiva, en la que se pretende realizar un análisis histórico de la participación que ha tenido la mujer en las ramas de las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas, ciencias sociales y humanidades del estado de Puebla, con motivo de reconocer la labor de la mujer en estas áreas. De igual forma, la investigación se considera de tipo exploratoria dado que el estudio de la disparidad de género que ha existido en estas áreas no ha sido un tema muy abarcado y del que existe mucha información dispersa que no ha sido concentrada con el objeto de esta investigación. Así mismo, el enfoque de la investigación se presenta mayormente de forma cualitativa, en la que se analizan antecedentes históricos, así como datos nacionales del papel de la mujer en las ciencias experimentales. A través de la recolección e interpretación de la información, se pretende plasmar una investigación que proporcione la motivación de las mujeres poblanas a adentrarse a las diversas áreas de la ciencia, en las que en la actualidad son minoría, promoviendo el avance hacia una sociedad más equitativa (Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 2017).

La técnica de recolección de información utilizada para el desarrollo de la investigación se obtuvo a partir de información bibliográfica y análisis documental, para ello,

se emplearon notas de trabajo para hacer extractos de la información más relevante. En cuanto a las fuentes de información empleadas, permitieron el acceso y ampliación del panorama y conocimiento sobre el papel de la mujer poblana en la ciencia y las que se utilizaron sustentan la investigación y el resultado teórico y metodológico del proyecto.

La información se obtuvo de fuentes bibliográficas, electrónicas, memorias digitales y datos estadísticos, principalmente del archivo histórico del CONAHCYT y del Sistema Nacional de investigadores, revistas y artículos científicos de instituciones educativas nacionales e internacionales, y sitios web de organismos e instancias mexicanas de estadística. La información recolectada de las anteriores fuentes de información fue tratada de manera crítica, con un ligero enfoque subjetivo que permitió dar la argumentación teórica del trabajo y dar una discusión adecuada, culminando en una conclusión conjunta.

Resultados/ Discusión de resultados

En México, a lo largo de su historia, han existido un gran número de mujeres que han hecho importantes aportaciones al ámbito científico, pero, sobre todo, que han impulsado y sentado las bases por una equidad en este ámbito. Con el ánimo de reconocer el papel clave que han desempeñado, se mencionan a algunas de ellas en la Tabla 1, en una lista que sin duda es limitada ante su evidente contribución, pero también porque falta mucha investigación al respecto (García, 2006).

Gracias a las mujeres mencionadas en la Tabla 1, quienes fueron pioneras y se atrevieron a incursionar las áreas científicas, hoy muchas mujeres siguen sus pasos, sin embargo, aún sigue habiendo una brecha muy grande entre el número de mujeres versus el de hombres involucrados en alguna área de investigación. Esto se puede visualizar a través de los años en la Tabla 2, aclarando que el año 2020 no aparece en la tabla, ya que el archivo histórico del CONAHCYT no cuenta con registros del padrón del SNII de ese año.

Tabla 2. Porcentaje de hombres y mujeres pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores adscritos a una institución poblana durante los años 2017, 2019, 2021 y 2022 (obtenido del archivo histórico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022).

Porcentaje de mujeres y hombres adscritos en el Sistema Nacional de Investigadores					
	2017	2018	2019	2021	2022
Femenino	33 %	34 %	35 %	35 %	35 %
Masculino	67 %	66 %	65 %	65 %	65 %

Nombre	Logro	Descripción
Matilde Montoya	Fue la primera médica mexicana.	Nacida en la Ciudad de México el 14 de marzo de 1859, a los 24 años solicitó su inscripción a la Escuela Nacional de Medicina. A partir de un decreto que emitió el presidente Porfirio Díaz para que le realizaran su examen profesional, el 24 de agosto de 1887 se recibió de médica partera. Murió en 1938 después de más de medio siglo de abrir las puertas de la medicina a otras mujeres.
Helia Bravo Hollis	La primera bióloga titulada.	A los 17 años se inscribió en la Escuela Nacional Preparatoria. En 1927 se convirtió en la primera bióloga titulada en México, y en 1929, año de la Autonomía Universitaria, le pidieron que formara el herbario y el estudio de las cactáceas mexicanas. El Jardín del Desierto dentro del Jardín Botánico de la UNAM lleva su nombre. En el año 2000 se creó la Reserva de la Biosfera en Metztlán, Hidalgo, en gran parte gracias a su trabajo en esa zona.
Paris Pismish Acem	Fue precursora de la astronomía moderna en México.	Nacida en Estambul, Turquía, en 1911, fue una de las primeras mujeres turcas en asistir a la Universidad de Estambul. En 1942, conoce en la Universidad de Harvard a Félix Recillas, joven mexicano estudiante de astronomía, con quien se casó y viajaría a México. En 1948 se incorporó al Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya y a la UNAM, en donde hizo investigación, introdujo nuevas técnicas en el estudio del universo y creó revistas de astronomía.
María Agustina Batalla Zepeda	Botánica con importantes aportes.	Nació el 28 de agosto de 1913 en la ciudad de Iguala, Guerrero. En 1946 se doctoró en Ciencias Biológicas en la UNAM, realizando importantes trabajos de investigación en el cerro del Ajusco, el bosque de Chapultepec y el cerro del Tepozteco. En Morelos recogió algunas especies botánicas con las que inició el Herbario de la Facultad de Ciencias. Se le reconoce por su contribución al desarrollo de la ciencia.
María Elena Caso	Estudio sistemático de las estrellas de mar.	Nació en la Ciudad de México en 1915. Estudió en la Facultad de Ciencias de la UNAM, en donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias Biológicas. En 1961, presentó la investigación más completa hasta ese momento sobre los equinodermos (estrellas de mar). Fue cofundadora del Laboratorio de Hidrobiología, a partir del cual en 1967 se creó el Departamento de Ciencias del Mar y Limnología.
María Teresa Gutiérrez Vázquez	Un nuevo enfoque en la geografía.	Fue la primera que propuso el cambio de los estudios demográficos hacia un enfoque de geografía poblacional, en el que se incluyeran factores humanos y físicos para comprender de una manera más amplia la evolución de la población. En sus estudios de hace 50 años, señaló que la Ciudad de México estaba creciendo en forma desordenada, previendo muchos de los problemas que ahora se intentan resolver.
Alejandra Jáidar Matalobos	La primera mujer graduada en Física.	Nació el 22 de marzo de 1938 en el puerto de Veracruz. Ingresó a la Facultad de Ciencias de la UNAM y fue la primera mujer en graduarse en Física. Promovió la publicación de textos de difusión científica en español, gracias a lo cual se creó la Colección La Ciencia, del Fondo de Cultura Económica, donde invitaba a investigadores universitarios a escribir libros de ciencia para un público no especializado.
Susana Azpiroz Riveiro	Primera titulada en la Escuela Nacional de Agronomía, hoy Universidad Autónoma Chapingo.	Nació en 1950 en el Estado de México y en 1974 se tituló como Ingeniera Agrónoma con especialidad en Industrias Agrícolas. Su estancia como estudiante no fue fácil, si considera que, en aquel tiempo, el ambiente en la Escuela Nacional de Agronomía no solo se caracterizaba por un entorno masculino, sino también por una disciplina militar. Hoy se le reconoce no solo por su impulso a la biotecnología, sino por la apertura de género que logró en este centro escolar. En la actualidad se estima que el 44 por ciento de estudiantes de la Universidad Autónoma Chapingo son mujeres.

Tabla 1. Mujeres pioneras en la ciencia. Logros de algunas mujeres precursoras que impactaron en la actualidad, desde finales del siglo XIX hasta el siglo XXI (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2022)

Por otro lado, en el Gráfico 1 se observa el análisis desglosado por área del conocimiento del año 2017, cuando solo eran 6, las cuales se distribuían de la siguiente manera:

- I: Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra.
- II: Biología y Química.
- III: Medicina y Ciencias de la Salud.
- IV: Humanidades y Ciencias de la Conducta.

- V: Ciencias Sociales.
- VI: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.
- VII: Ingenierías.

En el Gráfico 1 se observa cómo el porcentaje de hombres predomina por mucho o poco en todas las áreas del conocimiento. Sin embargo, aunque el crecimiento que se ve en la Tabla 2 no es tan significativo del año 2017 al 2022, si se analiza a detalle los datos de este último año, en el Gráfico 2 se puede ver que en tres de las siete áreas

del conocimiento (Ciencias de la Conducta y la Educación, Medicina y Ciencias de la Salud, e Interdisciplinaria) predomina el porcentaje de mujeres. Las preferencias de las mujeres siguen relacionadas con la idea tradicional de la formación como una extensión de lo doméstico, en donde se busca la compatibilidad del papel de esposa y madre con

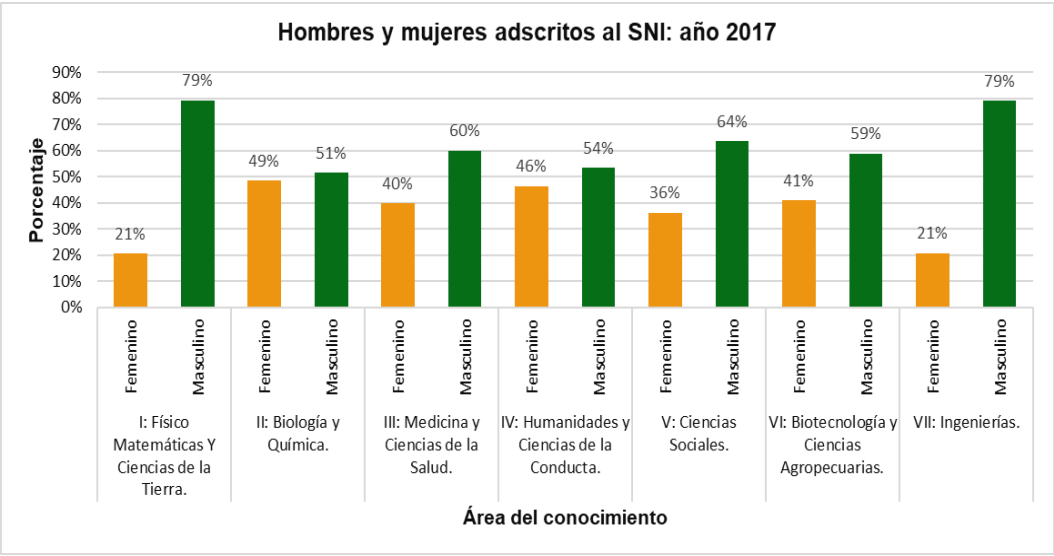


Gráfico 1. Hombres y Mujeres poblanos adscritos al SNI: año 2017. Comparación entre el porcentaje de hombres y mujeres inscritos al Sistema Nacional de Investigadores por área de conocimiento del año 2017 (obtenido del archivo histórico del CONACYT, 2017)

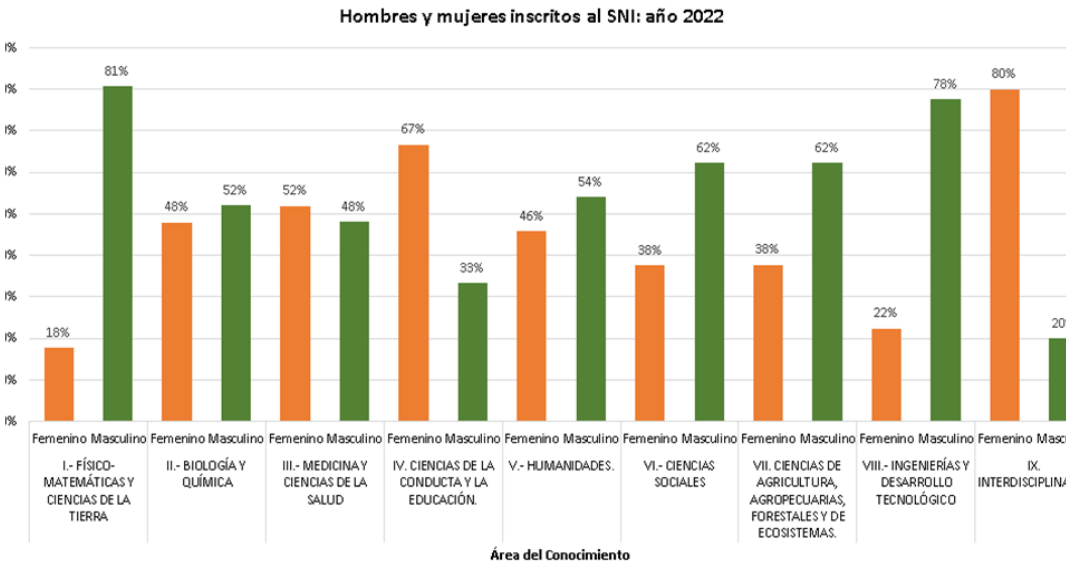


Gráfico 2. Hombres y mujeres poblanos inscritos al SNI: año 2022. Comparación entre el porcentaje de mujeres con respecto al de hombres en las 9 áreas del conocimiento en lo que va del año 2022 (datos recopilados del archivo histórico del CONACYT, 2022)

el de la profesionista; entonces, al asociar fuertemente la formación profesional con los estereotipos de género, las expectativas, la búsqueda y la elección se definen en función de la compatibilidad de esta con los roles femeninos y masculinos que socioculturalmente se han construido.

Sin embargo, a pesar de que ya haya más predominio de las mujeres en áreas como Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra, o Ingenierías y Desarrollo Tecnológico, son en las que menos participación hay por parte del sexo femenino. Ahora bien, si se compara los años intermedios en el Gráfico 3, entre ambos extremos se puede observar que el crecimiento de las mujeres involucradas en proyectos de investigación, comparado con el de hombres, no ha sido mucho, incluso a pesar de que estos últimos tuvieron un decremento en su participación como investigadores.

Resultados/ Discusión de resultados

Como se puede observar en los diferentes gráficos, hablando solo del estado de Puebla, el crecimiento del número de mujeres participando en proyectos de investigación o que pertenezcan al SNII sigue siendo mucho menor en contraste con los hombres. Esta situación a nivel mundial presenta el mismo fenómeno; según cifras publicadas en el informe de Alessandro Bello (2020) de acuerdo al Instituto de Estadística de la UNESCO, en julio de 2019 la tasa mundial promedio de mujeres investigadoras era de solo 29,3 %; además, solo 3 % de los premios Nobel en Ciencias han sido otorgados a mujeres. La brecha se torna evidente en cuanto a doctorado y se amplía durante la

transición entre la universidad y el mercado laboral, donde menos del 30 % de los investigadores son mujeres.

Datos de la Academia Mexicana de Ciencias ([AMC], 2021) de febrero del 2021 apuntan a que, de 2996 miembros, solo 775 son mujeres, representando solo cerca de una cuarta parte del total de miembros. Incluso, si se desglosa por áreas, se sigue observando una mayor brecha en las Ciencias Exactas, donde 218 miembros de esta área son mujeres y 1158 son hombres. Esta brecha no solo sucede a nivel mundial o nacional, sino también a nivel estado, retomando datos del estado de Puebla, si bien las mujeres con el paso del tiempo han tomado mayor relevancia en el ámbito de la investigación, su participación sigue siendo menor que la de los hombres, lo cual se observa en la Tabla 2 en donde se muestra que el porcentaje de hombres es casi el doble que de mujeres pertenecientes al SNII adscritos a una institución poblana durante el periodo del 2017 al 2022. El año 2019 se podría presentar como el inicio de una especie de estancamiento en la participación de las mujeres, esto probablemente influido por la situación de salud a nivel mundial con el SARS-CoV-2. Aunque hubo un esfuerzo mayor en la investigación alrededor de este virus, no se tradujo en nuevas personas, especialmente mujeres, inspiradas a formar parte o involucrarse en el área de la investigación, es por ello que la relación entre hombres y mujeres se mantuvo. Este fenómeno se hace notorio en la Gráfica 3, donde se comparan los años 2018 y 2019; en cada área del conocimiento propuesta por CONAHCYT, se observan datos similares, esto no significa que no hubiese aumentado el número de personas inscritas al SNII, sino que la proporción se mantuvo durante este tiempo, reafirmando el predominio y preferencia del sexo masculino a la investigación.

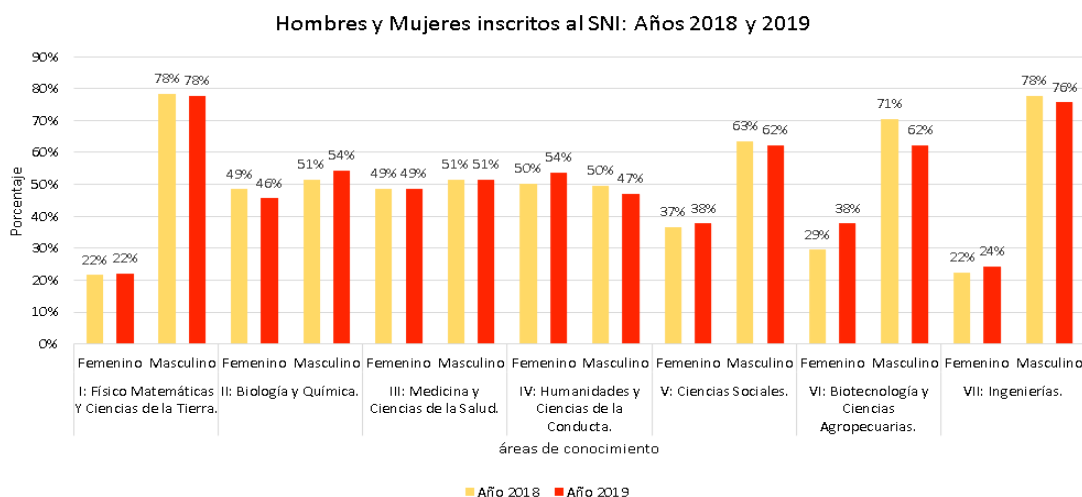


Gráfico 3. Hombres y Mujeres adscritos al SNI: años 2018 y 2019. Comparación entre el porcentaje de hombres y mujeres poblanas inscritos al Sistema Nacional de Investigadores por área de conocimiento (Datos obtenidos del archivo histórico del CONACYT, 2018 y 2019)

Este trabajo, además de mostrar estadísticas, presenta una pequeña reflexión de lo que en realidad pasan las mujeres por la ciencia. Muchas de ellas a lo largo de la historia tuvieron que luchar contra los estereotipos impuestos por la sociedad y los hombres en la ciencia, cuando se aseguraba de dejar a las mujeres en la sombra, quienes se escondían para adquirir conocimientos. Incluso, pese a sus importantes contribuciones, en pleno siglo XXI todavía existe este tipo de favoritismo hacia el sexo masculino.

Conclusiones

Conforme a la investigación y análisis de los datos obtenidos de las mujeres en el SNII de CONAHCYT en los últimos años, se concluye que no existe igualdad en la participación de hombres y mujeres en la mayoría de las áreas de conocimiento del CONAHCYT. Además, la proporción de crecimiento de la participación de mujeres prácticamente se mantiene igual desde 2017. Las áreas donde se encuentra mayor participación de la mujer son: Ciencias de la Conducta, Ciencias de la Salud e Interdisciplinaria, mientras que las áreas STEM son las que presentan menor participación de mujeres.

De acuerdo con lo anterior, parece que la brecha entre ambos géneros que marca la sociedad respecto al difícil acceso que tienen las mujeres a ciertas áreas de la ciencia se confirma en esta investigación, ya que los índices de participación de las mujeres que anteriormente se mostraron exponen la desigualdad que existe entre hombres y mujeres en el estado de Puebla. El avance respecto al anterior siglo ha sido muy notorio, sin embargo, las estrategias que se han implementado en busca de impulsar el desempeño de las mujeres en área de conocimiento como Ingeniería o Matemáticas no han logrado reducir la enorme disparidad entre hombres y mujeres, por lo que deben de realizarse estudios que profundicen en las causas por las que los índices de participación de la mujer no han incrementado en prácticamente cinco años. Es verdad que existe una brecha bastante marcada, por lo que es importante dar con las razones de esta desigualdad.

Sobre la base del reconocimiento de las actividades en el ámbito científico de las mujeres poblanas, será posible identificar algunas perspectivas de desarrollo para las mujeres que se desempeñen en las diferentes áreas de conocimiento. Se hicieron las siguientes recomendaciones:

- Promover la inclusión de las mujeres en las áreas de STEM en las instituciones de educación públicas y privadas.
- Desarrollar estrategias que permitan atraer a las mujeres a las actividades científicas a partir de su desarrollo educativo y profesional.

- Fomentar los planes de acción que aporten principalmente en la formación del factor humano para la investigación con un enfoque de equidad de género.
- Incorporar perspectivas en equidad de género en las áreas de conocimiento donde la mujer es minoría.

Aun así, las mujeres suelen destacar en sus áreas y a pesar de ser minoría. Las mujeres investigadoras desempeñan un papel importante al ser las voceras de un movimiento que se ha dado desde el siglo pasado. En la época actual acontece un despertar social de la participación de la mujer en la ciencia y será necesario impulsar y fomentar el interés en niños, niñas y jóvenes en desarrollarse en disciplinas STEM con la finalidad de impulsar una sociedad más inclusiva.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Esta investigación es un parteaguas que pretende servir de base para futuras investigaciones y en el proceso pueda disminuir los prejuicios y los estereotipos de género que se arrastran desde hace mucho tiempo, permitiendo que las niñas y jóvenes que son el futuro de las siguientes generaciones se inspiren y promuevan su participación en disciplinas de Ciencias Sociales, de la Salud, de la Conducta, así como de las áreas del STEM, para así seguir impulsando la igualdad de oportunidades y derrumbar en su totalidad las barreras que se tienen para incursionar en estas disciplinas.

Agradecimientos

Les agradecemos a nuestros padres porque nos enseñaron el significado de perseverar y luchar por nuestros sueños, a nuestros hermanos porque fueron nuestros primeros compañeros de vida y quienes nos enseñaron desde el momento que nacimos lo esencial que es un equipo. Esta investigación es un logro de todos aquellos que lo hicieron posible y jamás nos alcanzarán las palabras para agradecerles por tanto.

- (2019) *Plan Estatal de Desarrollo 2019 – 2024*, México, Gobierno de Puebla, <http://giep.puebla.gob.mx/Documentos/2018/trtrrt/PlanEstataldeDesarrollo2019-2024.pdf>
- Academia Mexicana de Ciencias, (2021). *Estadística de membresía*. Recuperado el 22 de agosto de 2022 de https://amc.edu.mx/amc/index.php?option=com_content&view=article&id=292&Itemid=77
- Bello Alessandro, (2020). *Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en américa latina y el caribe*. ONU MUJERES [Archivo PDF]. <https://lac.unwomen.org/sites/default/files/Field%20Office%20Americas/Documentos/Publicaciones/2020/09/Mujeres%20en%20STEM%20ONU%20Mujeres%20Unesco%20SP32922.pdf>
- Casado, M., (2011). Sobre la persistencia del desequilibrio entre mujeres y hombres en el mundo de la ciencia. *Revista de Bioética y Derecho*, (21), p.7-13.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017). *03_Investigadores_Vigentes_2017* [Archivo en Excel] <https://conacyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/archivo-historico/>. Recuperado el 15 de agosto de 2022.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2018). *04_BENEFICIARIOS_2018* [Archivo en Excel] <https://conacyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/archivo-historico/>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2019). *06_Vigentes_Enero_2019* [Archivo en Excel] <https://conacyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/archivo-historico/>. Recuperado el 15 de agosto de 2022.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2021). *Padron_de_Beneficiarios_2021* [Archivo en Excel] <https://conacyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/archivo-historico/>. Recuperado el 15 de agosto de 2022.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2022). *Padron_de_Beneficiarios_2022_actualizado* [Archivo en Excel] <https://conacyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/archivo-historico/>. Recuperado el 15 de agosto de 2022.
- Corona Marlene. (2022, 11 de febrero). *Avances de la mujer en la ciencia*, Ciencia UNAM, <https://ciencia.unam.mx/leer/1224/avances-de-las-mujeres-en-la-ciencia->
- García P, Daniela, y García B, Cristián. (2006). MARIE CURIE, UNA GRAN CIENTIFICA, UNA GRAN MUJER. *Revista chilena de radiología*, 12(3), p. 139-145. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082006000300008>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (11 de febrero de 2020), *Poner fin a la brecha de género en la ciencia es un compromiso de todas y todos*. <https://www.gob.mx/inafed/articulos/poner-fin-a-la-brecha-de-genero-en-la-ciencia-es-un-compromiso-de-todas-y-todos>
- Munido Ángel Martín, (octubre 2004), *Mujeres en la ciencia*. Arbor CLXXIX, 706, p. 549-566 pp. <https://doi.org/10.3989/arbor.2004.i706.531>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (s. f.), *Genero y Ciencia*; <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/DerechoALaCiencia/GeneroCiencia>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022, 11 de febrero), *Mujeres en la ciencia mexicana, aportes y esfuerzos por la igualdad de género*. <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/mujeres-en-la-ciencia-mexicana-aportes-y-esfuerzos-por-la-igualdad-de-genero?idiom=es>.
- Villarruel-Fuentes, Manuel, & Pérez-Santiago, Fernando. (2017). La enseñanza de la ciencia en el sistema tecnológico de Veracruz: una perspectiva de género. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 11(1), 113-133. <https://dx.doi.org/10.19083/ridu.11.508>

- Caldera González, D. del C., Ramírez Barba, Éctor J., & Martínez Tafolla, P. M. (2019). Participación de la Mujer en Ciencia y Tecnología. Análisis en Guanajuato, México. *Desarrollo Gerencial*, 11(1), p. 157–189. <https://doi.org/10.17081/dege.11.1.3360>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, (31 de enero de 2022). *Veinte años de investigación y desarrollo sobre mujer, ciencia y tecnología en América Latina*. <https://es.unesco.org/news/veinte-anos-investigacion-y-desarrollo-mujer-ciencia-y-tecnologia-america-latina>.

La construcción del árabe en los discursos de la primavera árabe en la prensa mexicana (2010-2015)

Romero de Alba Haya*

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Historia, Av. Don Juan de Palafox y Mendoza 219-229 - 227, Centro Histórico de Puebla, 72000 Puebla, Pue.

*romerohaya@gmail.com

Resumen

Esta investigación se centra en la construcción de la figura del árabe en México, a través de un análisis de la prensa producida entre 2010-2015. Busca responder los cuestionamientos de ¿por qué hoy, a pesar de que se menciona constantemente el lema «todos somos iguales», las personas que habitan Medio Oriente y el norte de África siguen siendo víctimas de estereotipos coloniales?, y, sobre todo, ¿cuál es el papel de México en la construcción de dichas narrativas? El objetivo principal de este trabajo es demostrar que sin importar las alineaciones políticas, la construcción de discursos sobre el mundo árabe, entre los años 2010-2015 en México, estuvo determinada por la reproducción de imágenes profundamente influenciadas por el *orientalismo* occidental. Las narrativas sobre la

Primavera Árabe en México no solo se alinearon a los valores hegemónico-eurocéntricos, sino que fueron usadas como un espacio de auto enunciación que le permitió a México reforzar el ideal de identidad occidental, situándose como partícipe del proyecto de modernidad. A lo largo de esta investigación se reflexionará alrededor de las representaciones del árabe, entendiéndose como el conjunto de imágenes y símbolos con los cuales se asocia al habitante del Medio Oriente y el norte de África desde el horizonte occidental.

Palabras clave: Representaciones, Orientalismo, Modernidad y Discursos

Abstract

This research focuses on the construction of the figure of the Arab in Mexico, through an analysis of the press produced between 2010-2015. It seeks to answer the questions of why today, despite the constant mention of the motto «we are all equal», the inhabitants of the Middle East and North Africa continue to be victims of colonialist stereotypes? And, above all, what is the role of our country in the construction of these narratives? The main objective of this is to demonstrate that regardless of political alignments, the construction of discourses on the Arab world between 2010-2015 in our country was determined by the reproduction of images deeply influenced by Western Orientalism. The narratives

about the Arab Spring in Mexico were not only aligned with hegemonic-Eurocentric values, but were used as a space for self-enunciation that allowed Mexico to reinforce the ideal of Western identity, positioning itself as a participant in the project of modernity. Throughout this investigation, we will reflect on the representations of Arabic, understanding them as the set of images and symbols with which we associate the inhabitant of the Middle East and North Africa from our horizon.

Keywords: Representations, Orientalism, Modernity and Narratives

Introducción

«De pronto, ser árabe se ha vuelto algo positivo»

Khalidi, 2011

Con estas palabras inicia una nota de la revista *Nexos* publicada en México en el año 2011. Esta afirmación contiene tras de sí ideas que la mantienen vigente hasta la actualidad. El primer cuestionamiento que surge al leer esta frase es: ¿en qué momento se asumió que el ser árabe era algo negativo? Responder a esta pregunta es el objetivo principal de este capítulo, explicar cómo se han construido las representaciones del mundo árabe y sus habitantes a partir de los siglos XVIII y XIX, debido a que aparecen en este periodo los elementos presentes en las narrativas actuales que le otorgan al árabe una connotación negativa. Por lo tanto, es necesario plantear las distintas perspectivas que han existido para acercarse y estudiar el Medio Oriente y el norte de África, sobre todo aquellas que analizan los discursos de representación, pues esto permitirá establecer las bases

teorías de las que se servirá esta investigación para analizar la figura del árabe en la prensa mexicana.

El árabe que existe en el imaginario colectivo del horizonte occidental, es decir, el conjunto de símbolos y representaciones con las que asociamos al árabe en el siglo XXI, se ha construido a partir de los estereotipos y generalizaciones que se tienen sobre él dentro de la opinión pública. Los medios de comunicación actuales construyen al árabe como un ser exótico, musulmán, terrorista, misógino e inmigrante. El árabe aparece como la *otredad*, como un pueblo sin representaciones individuales que vive en un reino mítico de desiertos interminables, pozos de petróleo, palacios, turbantes, camellos y tigres (Shaheen, 2000, p. 22-42).

El análisis mediático en estos casos es simplista: son terroristas porque son musulmanes y son musulmanes porque son árabes. La importancia de las representaciones yace en que es un factor determinante en la formación y conformación de la imagen del *otro*, pero los medios escritos y especialmente los diarios de referencia pueden hacer que dicha imagen se consolide aún más, influyendo y modificando así la opinión pública de sus lectores y lectoras. Es aquí donde el papel de la prensa al alimentar

estas generalizaciones cobra especial importancia, ya que no solo evidencia las ideas que en ella se presentan, sino que al mismo tiempo incide profundamente en la concepción que se tiene sobre el árabe dentro de la opinión pública. En consecuencia, la figura del árabe se convierte en el ejemplo de la forma más básica y común de generalizar sobre un colectivo: la representación de casos individuales negativos como típicos del colectivo en cuestión. Problematicar estas representaciones y estereotipos que reducen al árabe a la figura del musulmán terrorista resulta inminente, no solo porque impide observar la diversidad que se encuentran tras sí, sino que al mismo tiempo es una limitante en el establecimiento de un diálogo horizontal entre culturas.

Esta idea del árabe se ha ido construyendo y consolidando para occidente a través de los siglos. En un inicio fue a través de diarios de viaje, pinturas e historias; mediante estas narrativas que se formó en el subjetivo colectivo una idea de lo que significaba Medio Oriente y el norte de África. Esto es a lo que Edward Said llamó *Orientalismo* (Said, 2008, p. 25-54), una corriente discursiva que desde Occidente pretende definir a Oriente, un discurso que está intrínsecamente relacionado con el conocimiento y la permanencia de determinadas relaciones de poder. Las representaciones que se tienen del mundo árabe poco tienen que ver con la realidad de los países de Medio Oriente, ya que, según este análisis, Oriente se convirtió en sinónimo de violencia y fuente de petróleo. Debido a que Occidente adquirió una fuerza e identidad que le permitió construir en el imaginario de su gente una idea de Oriente como todo aquello que occidente no es, se le definió como su antagonista por excelencia, como la *otredad*. Además, se presentó como la zona del mundo cuyas sociedades no eran guiadas por los valores occidentales y, por lo tanto, fueron catalogadas de primitivas (Said, 2008, p. 25-54).

Los pintores orientalistas del siglo XVIII y XIX, por ejemplo, hacían cuadros que representaban las costumbres y lo que ellos consideraban los paisajes típicos de esta zona del mundo. En sus obras se pueden encontrar elementos comunes para representar a Oriente, tales como: el desierto, los oasis, palmeras, turbantes y velos, camellos y otros animales exóticos como tigres usados de mascotas (González, 2007, s/n). El orientalismo se convirtió entonces en un tema establecido dentro de las artes durante el siglo XVIII y XIX, alimentando así el mito sobre Oriente al enfatizar en los aspectos exóticos y sensuales, al mismo tiempo que los hostiles y barbáricos, estos últimos representados a través de sangrientas batallas, escenarios de muertes, destacando el carácter vengativo supuestamente propio del mundo árabe.

El discurso que se emprendió durante la guerra contra el terrorismo contiene las premisas básicas del Orientalismo, pues situó a los estadounidenses como los «buenos» y a los árabes como los «malos», se les construyó como los enemigos de occidente (Shaheen, 2000, p. 22-42). Esta construcción de la diferencia tuvo muchas

implicaciones en las representaciones y el entendimiento de lo árabe. En un estudio realizado por la *Charles University in Prague*, sobre las representaciones de musulmanes y árabes en videojuegos producidos por Europa y Estados Unidos, concluyó que en la era digital Medio Oriente es el escenario de guerra favorito para los creadores de videojuegos. Es así como la diversidad étnica y religiosa de las distintas identidades dentro del mundo islámico es reducida a una serie de tipologías sociales que operan dentro de un marco de terrorismo y hostilidad (Sisler Vít, 2008, p. 203-219). Desde películas infantiles hasta programas policíacos, el árabe funge como el personaje enemigo y malvado. Los árabes musulmanes aparecen en la televisión como los villanos, en series populares tales como *Tyrant*, *24: Legacy*, *Hawaii Five-O*, *Chicago Justice*, *Six*, *NCIS: Los Angeles*, y muchas otras más, haciendo el papel de terroristas (Shaheen, 2000, p. 22-42).

Es por esto que existen muchas concepciones negativas alrededor de la figura del árabe. La construcción de lo que significa o no ser árabe a través de estos símbolos e imágenes está basada en el uso de estereotipos que no toman en cuenta muchos otros matices como la religión o la nacionalidad. Es difícil ver y entender la cultura árabe desde otra dimensión que no sea a través de estas imágenes. El énfasis de esta investigación en los procesos de clasificación de un *otro* y de deshumanización de ciertos grupos de la población existe debido a que son estas las primeras tres etapas de los procesos de violencia (Stanton, 2004, p. 211-228). Calificar a un grupo como inferior va más allá de una dolorosa discriminación o injusticias individuales, significa la legitimación de violencia usada contra esos grupos y, por lo tanto, el establecimiento de políticas (migratorias, por ejemplo). Deshumanizar es, en consecuencia, volver matables a ciertas poblaciones, bajo el argumento de que *ellos* no son como nosotros, en este caso a las personas que habitan Medio Oriente y el norte de África. Es aquí donde se encuentra el aporte principal de esta investigación, pues pretende evidenciar los estereotipos que existen en México acerca del árabe. Visibilizar la permanencia de estas estructuras coloniales es el primer paso en el modo a desmantelarse, un camino que atañe a todos, pero en su mayoría a aquellos encargados de producir el conocimiento ¿Qué se dice sobre los árabes en México?, y ¿qué estructuras racistas pasan desapercibidas dentro de la sociedad actual?; estas preguntas aparecen como urgentes a resolver, principalmente por la inmensa diversidad poblacional del país, qué mejor ejemplo de esto que la comunidad de más de veinte mil árabes/libaneses que habitan en el estado de Puebla desde el siglo XX (Tenahua, 2020, s/n).

Materiales y métodos

Por lo tanto, esta investigación se centra en el análisis de los discursos producidos por las fuentes hemerográficas y artículos de investigación mexicanos acerca de la *Primavera* y el posterior *Invierno Árabe* (2011-2015), como el lugar en el que se construye al árabe desde el horizonte latinoamericano. Así, se destacan los elementos orientalistas de dichas representaciones, con el objetivo de evidenciar la permanencia y continuidad de las narrativas occidentales sobre el mundo árabe durante los siglos XVIII y XIX.

Se analizarán los artículos producidos por dos periódicos nacionales: *La Jornada* y *El Universal*, así como las revistas *Proceso* y *Nexos*. Las notas de dichas fuentes se dividieron en dos grupos de análisis: los producidos durante los inicios del proceso (2011-2013) y aquellos publicados durante la última etapa de los movimientos (2013-2015). El resultado de este estudio hemerográfico se contrastó con artículos y comunicados de prensa producidos por medios occidentales (*Canadian National Post*, *El País*, *The Washington Post*, entre otros), así como con las narrativas producidas por dos documentales acerca de las protestas elaborados por medios árabes: *The Square* (2013) y *The Arab Awakening* (2012).

El análisis hemerográfico es el tronco principal de esta investigación, sin embargo, este fue enriquecido con otras fuentes como la realización de la encuesta *El árabe en el imaginario colectivo mexicano*, cuyas preguntas buscaron rastrear los elementos e imágenes con los que la muestra (cien personas) relacionó inmediatamente al mundo árabe. La encuesta se realizó en Google Forms durante el último semestre del año 2021; en las gráficas siguientes se presentarán los patrones encontrados en cien casos individuales de habitantes del estado de Puebla que respondieron esta encuesta. La muestra de individuos engloba a personas de distintas edades de entre 16 y 77 años, un 46 % de las participantes fueron mujeres y un 54 % hombres. Se recabaron datos personales de los individuos que pudiesen determinar ciertas diferencias en sus concepciones acerca del árabe, tales como: edad, género y nivel educativo. Posteriormente se realizaron dos preguntas cuyas respuestas permiten rastrear al conjunto de ideas que existe en la población mexicana sobre el mundo árabe: «¿En qué piensas cuando escuchas la palabra árabe? Responde en dos o tres palabras, ¿asocias la palabra árabe con algún personaje histórico o de la televisión? Responde con uno o dos ejemplos». La primera pregunta hace referencia a las asociaciones inmediatas que se tienen ante la mención de la palabra árabe, siendo estos lugares, elementos particulares, imágenes, etc. En cuanto que la segunda, tiene como objetivo rastrear la existencia de una relación entre el árabe y alguna representación mediática particular de este. La pertinencia de estas preguntas reside en que permiten acceder a la opinión pública, develando así las concepciones

que se tienen acerca del mundo árabe. En su mayoría, todos contaban con algún nivel de educación profesional o como mínimo educación media superior. De igual manera, se analizaron fotografías y videos presentes en redes sociales como Instagram y Facebook, imágenes que contribuyen fundamentalmente en la construcción de una figura del árabe en el imaginario colectivo en la actualidad.

En la construcción de representaciones y discursos públicos existe la base de la toma de decisiones sobre qué noticias, personajes y países hay que visibilizar, es decir, quiénes reciben la atención mediática y de qué manera. La representación tiene entonces la capacidad de generar diferentes significados y consolidar determinados estereotipos, es aquí donde la identidad árabe que es múltiple queda reducida a una sola línea temática. Las representaciones sociales como formas de construcción simbólica se realizan a partir de una selección arbitraria y descontextualizada de sucesos, objetos o personas de acuerdo con criterios culturales que sintetizan todo en una imagen y la normalizan como conocimiento de sentido común (Gaytán, 2020, p.162).

Resultados/ Discusión de resultados

Análisis de la prensa

La lectura de la prensa producida entre 2011-2015 permite concluir que tanto la *Primavera* como el *Invierno Árabe* fueron usados en los periódicos analizados como un lugar donde convergen discursos orientalistas sobre el árabe. Los discursos elaborados por la prensa durante la primera etapa celebran la llegada de las protestas árabes, como acontecimientos que sorprendieron al mundo entero, ya que dieron indicio de que los países de África del norte y Medio Oriente eran capaces de evolucionar para salir del autoritarismo. Dentro de las descripciones se critica a los regímenes dictatoriales que gobernaron estos países árabes, por lo que estos levantamientos populares se dibujan como un *despertar* de la población árabe, que ahora busca los valores democráticos. Se logre o no el establecimiento de un régimen completamente democrático, la ganancia se encuentra en que la población ya *despertó de su letargo* debido a que las primaveras árabes fueron un proceso que trajo conciencia a su población: «Es la lucha por modernizar el país mediante una nueva revolución francesa derribando las auto creencias corruptas y represivas» (Almeyra, 2014, s/n).

La elección de palabras en las narrativas mediáticas es de suma importancia; así, el uso del término *modernidad* y la comparación de estas protestas con la Revolución Francesa no es casual. A primera vista, estas podrían parecer líneas esperanzadoras, sin embargo, los pilares que sostienen estos argumentos son ideas con muchas implicaciones

colonialistas. Tras de estos párrafos se encuentra la afirmación de que existen en el mundo (en este caso los pueblos árabes) poblaciones que van atrasadas en el juego del progreso, que viven como Francia antes de 1789, en sociedades tradicionalistas y premodernas, sociedades como las de los países árabes que hasta el momento de la *Primavera Árabe* eran incapaces de salir de su supuesto atraso.

La quietud política, casi ataráxica del mundo árabe se rompió

Jalife-Rahme, 2015

Esta es la frase con la que comienza el libro de Alfredo Jalife-Rahme, analista geopolítico, que es catalogado de progresista. En su discurso resalta la especificidad de las protestas árabes en cada región y la importancia de los agentes extranjeros en el desarrollo de los procesos en el mundo árabe. Sin embargo, pareciera que en la izquierda mexicana se critica al neoliberalismo como si este existiera ajeno al proyecto de modernidad, se le critica como sistema económico, pero se repite el impulso colonial de perseguir el *progreso* y de retratar al mundo árabe como un pueblo pasivo e inactivo hasta que inicia su búsqueda por los valores occidentales.

Dichas representaciones se construyeron alimentando los estereotipos de esta zona del mundo, reproduciendo la línea de pensamiento que considera al mundo árabe como un lugar atrasado, y al árabe como un ser peligroso, barbárico y terrorista. Sin embargo, este discurso existe paralelamente con otro relativamente nuevo, el del árabe como un jeque, millonario y guapo, figura que coincide con lo encontrado en el análisis de la encuesta. Esta representación de un árabe moderno es una consecuencia de los esfuerzos de países como Emiratos Árabes Unidos por proyectar una imagen de estos lugares como zonas ultramodernas. Su riqueza en recursos energéticos les ha permitido recuperar el poder de la auto enunciación. Han recientemente construido sus propias narrativas y discursos sobre cómo quieren ser percibidos en el resto del mundo. Aunque en la actualidad esta imagen del árabe está aún bajo la sombra del estereotipo del árabe musulmán y terrorista, con el paso de los años esta nueva narrativa no dejará de cobrar fuerza.

Durante la parte final de la *Primavera Árabe* (2013-2015) se encuentran artículos con titulares como: «La revolución fue grandiosa, lo que siguió fue espantoso» (Fisk, 2014, s/n). Esta cita del periódico *La Jornada* podría resumir las narraciones del *Invierno Árabe*, donde se pone énfasis constante en las nefastas consecuencias que tuvieron las protestas iniciadas años antes, tales como aumento de la pobreza, odio, ambición política y polarización de grupos políticos y/o religiosos. Se toman como principales ejemplos de esto las primaveras de Libia, Egipto y Siria, que terminaron en trágicas situaciones de violencia. El

desencanto de lo que prometían estos movimientos en sus inicios es muy evidente:

Un montón de árabes, digámoslo con franqueza, desean un regreso a los antiguos estados policiales que les eran familiares, con mucha corrupción y tortura para aliviar las primaveras, en vez de este mundo feliz que supuestamente occidente quería que disfrutaran, y merecían disfrutar por sí mismos (Fisk, 2014, s/n).

Esta narrativa descrita en la prensa mexicana tiene los mismos elementos que los discursos sobre las protestas producidas en Occidente. La apropiación de la *Primavera Árabe* en sus representaciones donde se asume lo que desea o no el pueblo árabe es violenta, incluso la manera en la que se afirma con completa naturalidad que la voluntad de estos países era volver a los regímenes corruptos y de tortura.

Análisis de la encuesta

Los resultados de las encuestas se presentan a continuación en dos gráficas donde puede observarse que las personas encuestadas relacionaron la palabra árabe con elementos orientalistas muy claros (Figura 1. ¿En qué piensas cuando escuchas la palabra árabe?): principalmente el desierto, la arena y el camello (15.9 %), así como también la barba, el turbante y el hiyab (14.5 %). En menor proporción (5.1 %), las respuestas relacionaban al árabe con la belleza y sensualidad, como el *belly dance*. Estos son elementos presentes de las pinturas y narraciones orientalistas que exotizan al mundo árabe desde el siglo XVII y siguen presentes en nuestra sociedad.

Otra parte de las personas encuestadas (13.8 %) respondió que la mención del *árabe* los llevaba a pensar en un musulmán, la religión islámica o un sujeto muy religioso y conservador, demostrando esta fusión de identidad árabe y musulmana de la que se hablaba anteriormente. Llevando esta generalización un poco más allá, el 5.8 % de los resultados evidenciaron una asociación directa entre la figura del árabe con el terrorismo, la guerra y las bombas. En la segunda pregunta (Figura 2), las personas encuestadas en un 14.9 % relacionaron lo árabe con la figura del profeta religioso Mahoma, en contraste con el 22.4 % que relacionaban al árabe con los líderes extremistas o en concreto con Saddam Hussein u Osama bin Laden. Estas respuestas evidencian la relación casi automática que se hace de la figura del árabe con el Islam y/o la violencia terrorista.

Sin embargo, en los resultados obtenidos en las encuestas se puede observar también la presencia de una nueva manera de representar al árabe, como apareció en el análisis de la prensa durante el *Invierno Árabe*: la imagen del árabe moderno. Es decir, se asocia al árabe con la riqueza, los jeques y Dubái (11.6 % en la Figura 1), así como con la imagen del príncipe Fazza o la de un hombre guapo, con cejas prominentes (10.4 % en la Figura 2).

¿EN QUÉ PIENSAS CUANDO ESCUCHAS LA PALABRA ÁRABE? DOS O TRES PALABRAS

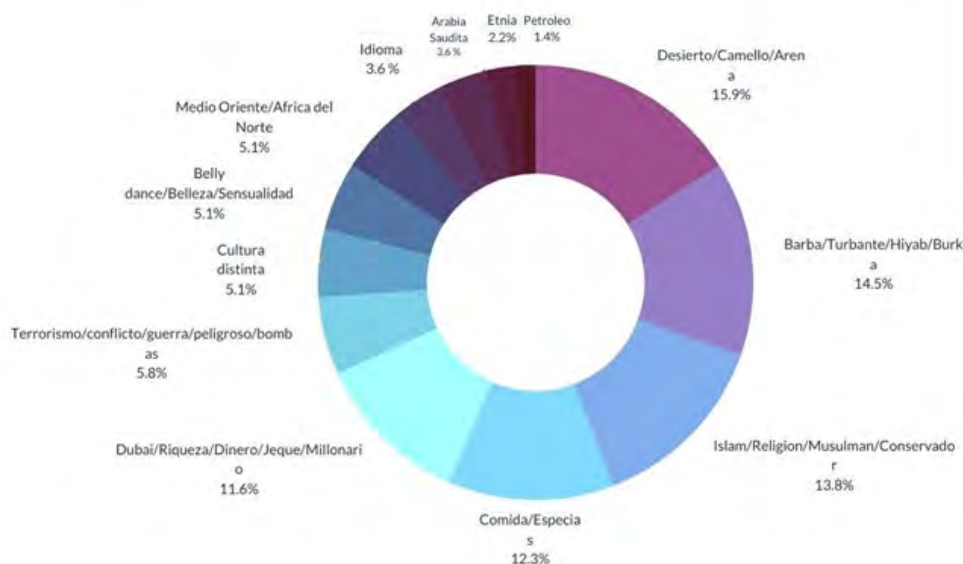


Figura 1. ¿En qué piensas cuando escuchas la palabra *árabe*? Responde en dos o tres palabras

¿ASOCIAS LA PALABRA ÁRABE CON ALGÚN PERSONAJE HISTÓRICO O DE LA TELEVISIÓN?

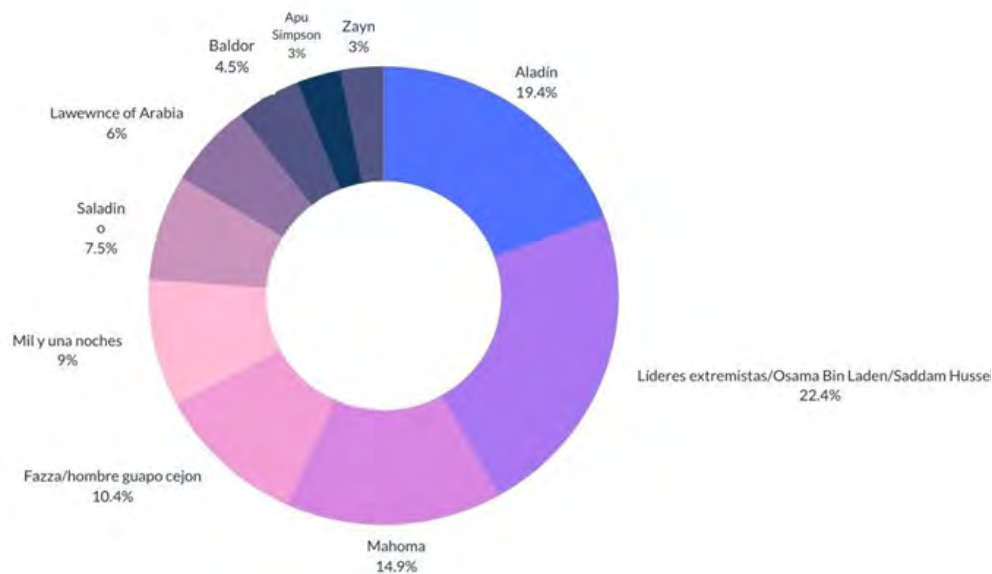


Figura 2. ¿Asocias la palabra *árabe* con algún personaje histórico o de la televisión?

Cabe destacar que un análisis de las variables demostró que este es un fenómeno que solo se observa en las generaciones más jóvenes. Cuando se les preguntó si asociaban la figura del árabe con algún personaje en particular, las personas que pertenecen a la *generación X* y *Baby Boomer* no mostraron hacer esta relación de la figura del árabe a la riqueza y la imagen de un hombre guapo. Si bien la asociación casi automática del árabe con los líderes extremistas y el terrorismo sigue siendo la principal, es importante destacar que esta es hecha indiscriminadamente dependiendo de la generación a la que pertenecen los entrevistados. La continuidad de la imagen del árabe bárbaro existe paralelamente al estereotipo creciente del *árabe moderno*, que se está dando entre las generaciones *Y* (*millennials*) y *Z* en el país. Esta situación coincide con las últimas dos o tres décadas del crecimiento exponencial de los Emiratos Árabes Unidos y Qatar, lo cual se evidencia en sus impresionantes construcciones financiadas por los «petrodólares», al mismo tiempo que su participación crece cada vez más en los patrocinios de deportes. Se hace presente entonces la dualidad propia del orientalismo de concebir al mundo árabe como fuente de peligro y conflicto, al mismo tiempo que de belleza exótica, exceso y fascinación exuberante.

Las respuestas a la segunda pregunta *¿Asocias la palabra árabe con algún personaje histórico o de la televisión?* (Figura 2) evidenciaron que existen dos principales fuentes de imágenes a las que la población recurre en búsqueda de representaciones sobre la cultura árabe en México: las noticias de los medios de comunicación (que claramente enfatizan en el terrorismo) junto con Aladino y las *Mil y una noches* (en su traducción orientalista). Las imágenes de Osama bin Laden y Aladino se disputan en el subjetivo colectivo la representación de un árabe. Uno de los personajes más odiados en la historia y el príncipe de Disney muestran cuáles son las principales dos narrativas sobre los habitantes de Medio Oriente y el norte de África. Estas representaciones no solo no se salen de los márgenes de la dualidad orientalista, sino que al mismo tiempo impiden visibilizar la diversidad de experiencias e identidades que se encuentran tras de estos dos estereotipos.

Análisis en redes sociales

La creciente figura del árabe moderno está fuertemente influenciada por las campañas de los países de la península arábiga. En páginas de Instagram de cuentas como *Dubai Tours Services* o *Visit Dubai Emirates*, destinadas a atraer turismo a estos países, se pueden encontrar muchos de estos elementos, ya que su publicidad alude principalmente al estado de modernidad de sus ciudades, usando frases como «Visita Dubái la ciudad más moderna del mundo». Cabe destacar que la estrategia de mercadotecnia de dichas páginas consiste en enfatizar en el lujo y la riqueza que existe en este lugar, por ejemplo, los videos que muestran a un grupo de niños haciendo fila frente a un hombre que les

extiende billetes a cada uno de ellos (Visit Dubai UAE, 24 de julio 2022, [Video]). Otros usan el audio: «¿Así que crees que el dinero no compra la felicidad?, ven a Dubái», mientras se muestran distintos escenarios como coches de lujo, o la vista desde un gran edificio (Visit Dubai UAE, 15 de agosto 2022, [Video]). El *belly dance* señalado en los resultados de la encuesta es para estas páginas un elemento importante en la búsqueda de hacer este un destino atractivo, mostrando múltiples videos de mujeres bailando sensualmente (Dubai Tours Services, 17 de agosto 2022, [Video]).

Son esfuerzos por transmitir determinadas imágenes y símbolos, en la búsqueda de construir una identidad para el mundo exterior que responda a sus propios proyectos políticos y económicos. La imagen del árabe moderno ejemplifica muy claramente cómo no cualquier ejercicio de autorrepresentación se escapa necesariamente del orden de la modernidad colonial, o en este caso de la representación orientalista. Este ejercicio de autodefinición se puede ver en las redes sociales de los príncipes árabes, pues son ellos y su equipo quienes determinan qué imagen quieren mostrar al mundo, sin salir del marco colonial.

La representación de los monarcas saudíes se efectúa en muchas de las noticias con apoyos en imágenes del imaginario tópico orientalista (Bañon, 2015, p. 381). Los valores de la modernidad colonial pueden estar tan arraigados dentro del imaginario colectivo que incluso un ejercicio de autorrepresentación como es el caso de la figura del árabe moderno responde a elementos orientalistas occidentales. Esta imagen de la opulencia es reiterativa en el discurso mediático referido a la familia real de Arabia Saudita. No obstante, no es tan frecuente verla en las narraciones televisivas en las que los protagonistas son los ricos de otros países que no sean los del Golfo Pérsico (Bañon, 2015, p. 382).

Este es un fenómeno que Nevzat Sogut nombra como el sujeto que se anuncia a sí mismo como «post oriental» o «postcolonial», pero es un miembro activo de la praxis «orientalizante» en sus operaciones diarias en los dominios del arte, la estética, el folclore, los medios, la educación, etc. Él/ella es el sujeto no occidental que se hace a sí mismo en gran medida a la imagen de Occidente, sus experiencias, diseños y expectativas. Los procesos de la mentalidad orientalizante cosificada en las prácticas del estado-nación, la modernización y el progreso todavía reinan en gran parte de los espacios no Occidentales absorbidos. Ubicado en los nexos estratégicos de las redes de poder —en los órdenes burocráticos, las universidades y en los ejércitos—, este sujeto navega por los terrenos políticos y culturales en el no-Occidente con la esperanza de mantener su mito privilegiado, llamado la *India moderna*, la *Turquía moderna* o el *Irak moderno* (Sogut, 1993, pp. 363-364).

La figura del árabe moderno se sirve de elementos orientalistas exacerbando, símbolos e imágenes ya existentes en el subjetivo colectivo, como lo es el *belly dance*, la sexualización de Oriente, la riqueza y exotización de esta

área del mundo. Los países árabes del Golfo Pérsico en los últimos años han ayudado a construir esta relativamente nueva representación del árabe, de la que se sirven para proyectar una imagen al mundo exterior en búsqueda de atraer turismo, reconocimiento, talento (con la instauración de becas en universidades para alumnos extranjeros), pues al final de cuentas todo esto se traduce en beneficios económicos y políticos.

Conclusiones

Como se evidencia en la prensa mexicana, las encuestas y el análisis de las redes sociales, la figura del árabe moderno ha adquirido gran influencia en el imaginario colectivo de las generaciones más jóvenes, en contraste con la del árabe bárbaro durante la última década. El lenguaje y representaciones que se utilizan para referirse al árabe moderno en la prensa mexicana durante el *Invierno Árabe* no son casuales. La diferenciación de ambas categorías merece ser destacada, pues está atravesada por muchos elementos, causando así que la fuerza de los estereotipos y el esencialismo se experimente de maneras muy distintas. Por ejemplo, las representaciones del árabe bárbaro están asociadas a la fealdad, sin embargo, las del árabe moderno están relacionadas con la belleza. Aunque ambos forman parte de las ramas más radicales del Islam, el segundo es más aceptado en los discursos occidentales. Esta construcción del *árabe* está fuertemente ligada a la clase social a la que pertenece este grupo y a la región de la que proviene, es decir, las representaciones están determinadas por factores como la clase social y el género. Esta narrativa del árabe moderno gira alrededor de un personaje masculino de clase alta, en cambio, no hay mención alguna de un estereotipo naciente asociado con la figura de una mujer árabe moderna o progresista.

Esta investigación a través del caso de la estigmatización de la población árabe, pretende generar reflexiones alrededor de la permanencia de estructuras coloniales en México, evitando reducir las particularidades del mundo árabe a un discurso de atraso, terrorismo y a un lugar no-moderno, como se vio en los discursos sobre la *Primavera* y el *Invierno Árabe*. Se han heredado las herramientas coloniales para construir a la otredad y se usan en las representaciones del mundo árabe. El posicionamiento político liberal/conservador derecha/izquierda poco tiene que ver al momento de fabricar estas narrativas, pues las estructuras coloniales atraviesan ambas posturas ideológicas, como se comprobó a lo largo de esta investigación.

La presencia de un colonialismo interno, eslabón fundamental del ciclo colonial, constituye un sustrato profundo de los valores y prácticas sociales que organizan los modos de convivencia y sociabilidad en lo que hoy es Latinoamérica (Rivera, 2010, p. 39). Como ejemplo de esto, las narrativas que construyen la figura estereotipada del árabe en México esconden tras de sí miles de experiencias

individuales, distintas nacionalidades, religiones y tradiciones. La elección de determinadas palabras o imágenes para hablar sobre el mundo árabe, y las afirmaciones sobre el atraso de los árabes antes de la *Primavera Árabe* poco dicen sobre este proceso en sí, en su lugar, evidencian realidades propias del país.

Este análisis de los discursos de la prensa mexicana proporciona una tremenda fuente de información, no sobre las personas árabes y los procesos que en esta área del mundo acontecen, sino sobre México y las estructuras coloniales que atraviesan a su población. Ofrece claves sobre el contexto del país más que una realidad objetiva sobre Medio Oriente y el norte de África. Además, expone la vigencia de un colonialismo interno que determina cómo se acerca uno al mundo árabe, bajo un conjunto de presupuestos y conceptos provenientes de Occidente que no permiten un entendimiento real de los contextos de otras poblaciones del mundo.

¿Por qué se divide el mundo en zonas *atrasadas* y *avanzadas*, en lugares *desarrollados* y *subdesarrollados*, en poblaciones *modernas* y *premodernas*?, ¿por qué se alaba el progreso en lugar de cuestionarlo?, ¿la injusticia social y la catástrofe climática no parecen razones suficientes para comenzar a concebir el orden del mundo de manera distinta? Desgraciadamente, como se ha visto a lo largo de la historia, la colonización no termina con la adopción de una ley que reconozca los derechos particulares de ciertos grupos, sino que más bien es una toma de conciencia que debe estar presente en todas las dimensiones de la vida humana, y que solo puede ser posible con el desarrollo de la autoconciencia de la propia dignidad humana de un grupo (Córdova & Torchiano, 2020, p. 15-68). Uno de los mayores actos de resistencia y decolonización es ir más allá del pensamiento binario. La raza y el género, investidos de significados particulares, son categorías creadas por seres humanos —hombres, para ser específicos— para apoyar y reforzar el poder económico y social (Farajajé, 2000, p. 17).

El camino hacia la justicia social comienza por el reconocimiento de las estructuras que dentro de la sociedad e instituciones que inferiorizan a otros grupos de la población. Comienza por la reflexión alrededor de la construcción de las identidades colectivas, por reconocerse como víctimas y perpetradores de estas estructuras. Qué hacer entonces con la diferencia innegable, que existe entre todos los grupos humanos, es la reflexión que aún queda por hacer. El camino hacia la verdadera equidad será posible hasta que exista un reconocimiento real hacia todas estas otras experiencias y diferencias. Hasta que los lazos de dominación sean reconocidos con responsabilidad, existirá una convivencia desde la diferencia en un plano de equidad.

Las diferencias no deben contemplarse con simple tolerancia; por el contrario, deben verse como la reserva de polaridades necesarias para que salte la chispa de nuestra creatividad mediante un proceso dialéctico...

Es en la interdependencia de las diferencias recíprocas (no dominantes) donde reside la seguridad que nos permite descender al caos del conocimiento y regresar de él con visiones auténticas (Lorde, 2003, pp. 115-120).

No basta entonces con enunciar el conocido *todos somos iguales*, porque no es así, las diferencias hacen vivir la opresión y la violencia estructural de maneras distintas. Las diferencias y particularidades de los grupos humanos no es lo que pretende borrarse, ya que solo reconociéndolas se podrá acceder a la equidad. Lo que debe desaparecer es la construcción jerárquica occidental que se sirvió de estas diferencias para justificar la inferioridad de las poblaciones y tradiciones no-europeas. Se comprende a la diferencia de manera horizontal, hay que usarla como una herramienta para visibilizar otras experiencias, a través del acercamiento a ella de manera distinta y no desde la jerarquía implícita tradicional. Reconocer las estructuras coloniales en las representaciones producidas en el país es el primer paso en el proceso de dismantelarlas, y es aquí donde se encuentra la aportación fundamental de esta investigación.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

- Análisis sobre el racismo existente en México
- Diseño de estrategias para la desestigmatización de ciertas poblaciones.

Referencias bibliográficas

- Almeyra, G. (2014, 10 de agosto). La primavera árabe en su fase actual. *La Jornada*.
- Bañón, Lola. (2015). *La representación mediática de Arabia Saudita y el wahabismo en televisión española (1956-2015)*. Universitat de Valencia.
- Córdova & Torchiano. (2020). De orientalismos y occidentalismos: porosidades trans/decoloniales desde las miradas de Franz Fanon, Edward W. Said y Hassan Hanafi. *Horizontes Decoloniales Pluto Journals*, (6), p. 15-68.
- Dubai Tours Services [@dubai.tours.services]. (17 de agosto de 2022). *Desert Safari Adventure Belly and Arabic Traditional Tanura Dancing Shows* [Video Online]. Disponible en: <https://www.instagram.com/reel/ChXM2GiJgao/?igshid=YmMyMTA2MzY=>.
- Farajajé, Ibrahim Abdurrahman. (2000). «Loving Queer: We Are All a Big Mix of Possibilities of Desire Just Waiting to Happen». In *The Family* 6, N° 1, p. 15-21.
- Fisk, R. (2014). Sharon y las flores de la primavera árabe. *La Jornada*.
- Gaytán, F. (2020). «El miedo a lo distinto y distante. La representación social estigmatizada de los musulmanes en México». *Política y Cultura*, núm. 54, p. 159-184.
- González, A. (2007, 2022, 20 de enero). *Orientalismo*. La Gruta de los Lienzos. [Online]. Disponible en: <https://lienzos.blogspot.com/2007/10/el-orientalismo.html>.
- Jalife-Rahme, Alfredo. *Las revoluciones árabes en curso: El detonador alimentario global*. Editorial Orfila, 2015.
- Khalidi, R. (2011, abril). «La primavera árabe. NEXOS. [En línea]. Disponible en: <https://www.nexos.com.mx/?p=14253>.

- Lorde, Audre. (2003). «Las herramientas del amo nunca desmontarán la casa del amo» en Audre Lorde, *La hermana, la extranjera. Artículos y conferencias*, traducción de María Corniero, revisión de Alba V. Lasheras y Miren Elordui Cadiz, Ed. Horas y horas, Madrid, p. 115-120.
- Rivera C., Silvia. (2010). *Violencias (re) encubiertas en Bolivia*. Editorial piedra rota, p. 33-64.
- Said, E. W. (2008). *Orientalismo*. Editorial Debolsillo.
- Shaheen, J. (2000). «Hollywood's Muslim Arabs». *Muslim World*, Vol. 90 (1-2), p. 22-42.
- Sisler, Vit. (2008). Digital Arabs. Representation in video games. *European Journal of Cultural Studies*, 11(2), pp. 203-219.
- Soguk, Nevzat. (1993). Reflections on the orientalized orientals. *Alternatives*, (18), pp. 361-384.
- Stanton, Gregory. «Could the Rwandan genocide have been prevented?». *Journal of Genocide Research*, 6(2), junio, p. 211-228, 2004.
- Tenahua, A. (2020, octubre 10). *La comunidad libanesa crea capital y fuerte arraigo poblano*. Grupo Milenio. [Online]. Disponible en: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/comunidad-libanesa-capital-fuerte-arraigo-puebla>
- Visit Dubai UAE [@Visit.Dubai.Emirates]. (24 de julio de 2022a). *City tour Dubai, Desert Safari, Dhow Cruise Dinner, Burj Khalifa Tour, Burj Al Arab Tour* [Video Online]. Disponible en: https://www.instagram.com/reel/CeY_IK8Jrej/?igshid=YmMyMTA2MzY=.



Ciencias sociales

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Intervención agroecológica, a través de huertos biointensivos, hacia una autosuficiencia alimentaria y soberanía familiar, en la comunidad de Camotepec

^a González Garrido Alma Cristina* y ^aAlvarez Heintz Layli Sara**

^a Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, José Luis Martínez Vázquez 2000, Jicolapa, 73310 Zacatlán, Pue

* krizztygonzzalezz@gmail.com **layli.ah@zacatlan.tecnm.mx

Resumen

Ante el cambio climático y la alta contaminación ambiental generada por la agricultura convencional, surge la Metodología de Investigación Acción Participativa con Iniciativas Agroecológicas, siendo una de ellas la implementación de Huertos Biointensivos Escolares y Familiares, así como la implementación de Centros Agroecológicos Comunitarios, los cuales representan una forma de lograr el abastecimiento y diversificación de sus propios alimentos sanamente, logrando una economía solidaria en la comunidad, sin contaminar al medio ambiente ni a las personas, generando una soberanía y autogestión comunitaria. Estos huertos biointensivos y centro agroecológico generan beneficios sociales, económicos y ambientales, ya que están basados en principios agroecológicos y metodologías participativas que son

herramientas que buscan la unión activa de la sociedad en la transformación de su entorno inmediato, facilitando su participación en el diseño y mejora de la producción agrícola, ganadera y forestal, teniendo una vida digna y ocasionando una integración familiar y comunitaria; es por ello que el presente trabajo de investigación se centra en la reflexión y toma de conciencia de los pobladores, utilizando la metodología de Investigación Acción Participativa (IAP), pues constituye pensamiento crítico, el cual permite el empoderamiento y la construcción de soberanía, ayudando en la transformación de los grupos marginados.

Palabras clave: Agroecología, Huertos, Centros agroecológicos, Soberanía alimentaria.

Abstract

In the face of climate change and the high environmental pollution generated by conventional agriculture, the Participatory Action Research Methodology with Agroecological Initiatives arises, one of them being the implementation of School and Family Biointensive Gardens, as well as the implementation of Community Agroecological Centers, which They represent a way to achieve the supply and diversification of their own food in a healthy way, achieving a solidarity economy in the community, without contaminating the environment or the people, generating community sovereignty and self-management. These biointensive gardens and agroecological center generate social, economic and environmental benefits since they are based on agroecological principles and participatory methodologies that are

tools that seek the active union of society in the transformation of its immediate environment, facilitating its participation in the design and improvement of agricultural, livestock, forestry production, and having a decent life, causing family and community integration; That is why this research work focuses on the reflection and awareness of the inhabitants, using the Participatory Action Research (PAR) methodology, since it constitutes critical thinking, allows empowerment and the construction of sovereignty, helping in the transformation of marginalized groups.

Keywords: Agroecology, Orchards, Agroecological Centers, Food Sovereignty.

- PET, Polietileno Tereftalato
- IAP, Investigación Acción Participativa
- ITSSNP, Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla

Introducción

En la actualidad el ser humano y el medio ambiente se encuentran enfrentando un gran problema: la agricultura basada en la producción de alimentos con agroquímicos, buscando tener una mayor producción en menor tiempo, envenenando los suelos, aguas, y matando a los seres vivos; siendo este un sistema de producción agresivo con el medio ambiente y con la salud del ser humano (Fermat y Salazar, 2012). Como una respuesta ante dichos problemas, surgen los Huertos Biointensivos Familiares y Agroecológicos, los cuales generan beneficios sociales, económicos y ambientales ya que están basados en metodologías comunitarias de investigación participativa agroecológica, que son herramientas que buscan la participación activa de la sociedad, favoreciendo la creación de resiliencia individual y colectiva, mediante la generación de propuestas propositivas e integradoras, que aporten soluciones reales y visibles para mejorar y transformar el entorno inmediato, desde una perspectiva holística (Jimenez *et al.*, 2013).

Por este motivo, los Huertos Biointensivos Familiares se implementaron en hogares y en la escuela

primaria Miguel Hidalgo de Camotepec, Piedras Encimadas, Zacatlán, Puebla., así como la creación de un Centro Agroecológico Comunitario Demostrativo y de Producción. Se eligió este lugar ya que esta comunidad se encuentra enfrentando un problema crítico de contaminación ambiental, un índice alto de pobreza y de marginación social.

Durante la vida de este Proyecto de Investigación se inició con un equipo compuesto por dos investigadores-docentes que se dedicaron a establecer enlace entre Comunidad y el Proyecto, y se encargaron de coordinar las actividades en la escuela y la comunidad; posteriormente se fueron integrando en el apoyo en algunas sesiones en la comunidad dos estudiantes investigadores-promotores ambientales (una mujer y un hombre, estudiantes de la carrera en Ing. en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Superior de la Sierra Norte de Puebla (ITSSNP), un chef y una ingeniera en Industrias Alimentarias. También se formó una Red de Promotoras y Promotores Ambientales en la comunidad con niñas, niños, adolescentes, docentes, madres y padres de familia que participan también como coordinadores-promotores ambientales en el proyecto. Así mismo, se han capacitado 20 maestras

y maestros en uso y manejo didáctico de huertos en las escuelas, con manejo agroecológico y metodología de investigación acción participativa, donde se promueve el uso de las hortalizas, plantas medicinales y otros productos del huerto en la merienda escolar, para así motivar a las niñas, niños y adolescentes a consumir alimentos saludables, contribuyendo a su nutrición y salud, a la sustentabilidad ambiental y a la economía familiar.

Materiales y métodos

La Investigación Acción Participativa se caracteriza por su postura de investigar para conocer más sobre los procesos que determinan los problemas, integrando las realidades, necesidades, aspiraciones y creencias de las y los beneficiarios, formando a estos como investigadores en sí. De esta manera, se lograría la participación real de las comunidades implicadas en todos los pasos de investigación-reflexión-acción. En definitiva, se puede decir que se busca conocer para comprender y comprender para transformar. La participación ocupa así el centro del proceso de investigación, poniendo en valor, ante todo, el conocimiento del campesino.

Etapa 1. La Observación Participante

En esta primera etapa que se realizó en 4 sesiones (solo días hábiles escolares), todos los martes con una duración de 6 horas, dando inicio en el mes de enero del 2016, se generó una reflexión y toma de conciencia de los procesos educativos sobre el medio ambiente, derechos y deberes, responsabilidad e igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres. Por lo tanto, se les ayuda a formar una nueva visión de sí mismos, de los compañeros y de la comunidad.

Etapa 2. La Investigación Participativa

En esta segunda etapa con una duración de 8 sesiones, se expuso a la comunidad de Camotepec y a la escuela primaria Miguel Hidalgo la idea del proyecto de Huertos Biointensivos Familiares, explicando los beneficios sociales, ambientales y económicos, logrando así que la comunidad tenga una soberanía y autosuficiencia alimentaria. También se realizan dinámicas grupales para la integración, reflexión y autogestión comunitaria participativa de los pobladores dentro del proyecto.

Etapa 3. La Acción Participativa

En esta etapa de investigación documental se teoriza a partir de la práctica y sobre la misma, logrando nuevos niveles de comprensión de la realidad y de la práctica. Se da inicio con la formación de alumnos de primaria, profesores, padres y madres de familia, estudiantes y productores,

a través del «Curso de Formación de Promotores y Promotoras en Agricultura Sustentable», en 18 sesiones.

Pensando en dar una formación integral de este grupo de promotoras y promotores, se compartieron conocimientos de agroecología, agricultura ecológica, orgánica, sinérgica, sustentabilidad, elaboración de abonos orgánicos como las compostas, manejo de plagas y enfermedades ecológicamente, asociación y rotación de cultivos, etc. También se desarrolló un proceso de equidad que ampliará la mente de estos promotores y promotoras, para encontrar un equilibrio en las relaciones de hombres y mujeres más justas y con iguales oportunidades.

Etapa 4. La Práctica Propositiva

La práctica propositiva se inició con la revisión de la Guía Metodológica Comunitarias Participativas con Iniciativas Agroecológicas «Camotepec», también se llevó a cabo la revisión de los 7 manuales y los 14 talleres-prácticos en las siguientes 40 sesiones; en esta etapa de acción-práctica se fueron revisando y aplicando en conjunto los manuales y talleres-prácticos, donde en el 1er Taller de Integración y Autoconocimiento Comunitarias se inicia con la reflexión y toma de conciencia de la situación actual de su comunidad, realizando una propuesta para mejorar la situación actual detectada a través de la acción con actividades y dinámicas grupales de auto entendimiento, reflexión y acción. Además, se toma en cuenta en la propuesta el mapa de las acciones participativas agroecológicas que se pueden realizar para mejorar la situación actual, el mapa con el árbol de compromisos, deberes, responsabilidades y derechos que tienen y se comprometen cada uno de ellos a cumplir y respetar para un beneficio social, ambiental y económico.

En cada taller se tocaron temas importantes en donde se capacitó a los participantes en el manejo integral de residuos sólidos urbanos, elaboración de abonos orgánicos, manejo de suelos y curvas de nivel, creación de huertos intensivos familiares y escolares, instalación de sistemas de riego con captadores de lluvia y niebla con material reciclado, creación de banco de semillas endémicas, elaboración de comida tradicional prehispánica y el procesamiento de alimentos, manejo de aguas residuales a través de humedales y elaboración de invernaderos a base de PET. Al finalizar se realizó la entrega del Diplomado de Huertos Biointensivos Familiares, hacia una autosuficiencia alimentaria (Enero de 2017 a Junio de 2018) a los 20 padres y madres de familia que se graduaron en Promotores Ambientales.

Con base en los resultados obtenidos y la unión de los participantes, se decide crear un Centro Agroecológico Comunitario en una de las casas de los promotores, con la finalidad de que personas ajenas a la comunidad se acerquen a conocer cómo se implementan las técnicas agroecológicas en conjunto, así como la generación de un

ingreso extra a la comunidad por cursos de capacitación y tecnificación que darán los mismos promotores y promotoras ambientales de la comunidad, a través de las visitas de otras instituciones educativas, productores, campesinos y turistas que gusten apreciar las vivencias de la gente de la comunidad, la venta de verduras, conservas, comida, plantas medicinales, aceites esenciales, jabones, etc.

El Centro Agroecológico Comunitario es un espacio pionero en la región desde el que parten el resto de actividades, un espacio para la formación y experimentación de proyectos, iniciativas e ideas agroecológicas. Cuenta con Zona de Producción de hortalizas, plantas medicinales y ornamentales, zona de producción de forrajes y granos básicos, zona de producción de abonos orgánicos (composta, lombricomposta, biofertilizantes, etc.), área de jardines, zona de vivero: producción de frutales y especies forestales, zona de ganadería menor (pollos y conejos), ganadería media (borregos, cabras, vacas y caballos), zona de implementación de enotecnias, área de captación de agua de lluvia y niebla con sistema de riego por aspersión, baño seco, humedal, campo de prácticas, espacios comunes e invernadero hecho a base de PET.

Por el momento se cuenta con un espacio de 600 m², el cual cuenta con una amplia diversidad de hortalizas, frutales y plantas fijadoras de nitrógeno, todo esto en camas biointensivas y surcos; el sistema de riego empleado es por aspersores; toda el agua destinada para el riego se obtiene a través de los sistemas de captación de agua. Todo el espacio ha sido abonado con composta hecha por la misma comunidad, así como la donación de semillas y el cuidado del lugar.

En cuestión de la Evaluación: se visitaron a los participantes para la verificación de los huertos y resolver dudas o comentarios sobre la producción agrícola que lleven a cabo, y la implementación de las eco tecnologías, así como el seguimiento del mismo. El monitoreo de evolución son elementos esenciales para brindar un flujo de retroalimentación sistemática de información, que a su vez permite hacer los ajustes adecuados y de manera continua durante la implementación. Esto, permite que las lecciones de la experiencia especialmente de los proyectos de demostración, sean capturadas y sintetizadas, lo que da una base más firme. Esta etapa incluye un proceso de largo plazo, para cambiar la forma en que se hacen las cosas, construir nuevos temas y procesos participativos en procedimientos, normas e ideas de actores locales en instituciones privadas y públicas.

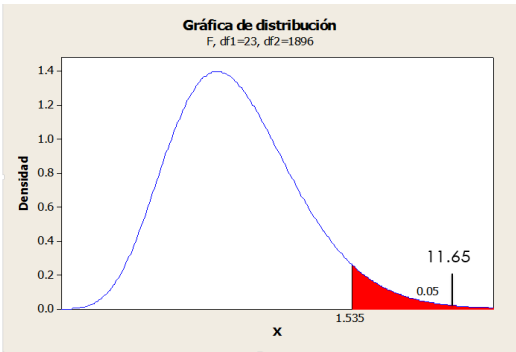
Resultados/ Discusión de resultados

Se realizó el cálculo de aceptación o rechazo de la intervención de los huertos biointensivos familiares, hacia una autosuficiencia alimentaria, dentro de la comunidad, mediante un diseño de experimentos, el cual dio como resultado una F calculada de 11.65, la cual se graficó mediante una curva de Gauss (Figura 1) para comprobar las hipótesis planteada, dando como resultado que se encuentra en el área de rechazo, lo cual quiere decir que con un nivel de significancia del 95 % existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula en donde se hace mención que no será posible lograr el abastecimiento de sus propios alimentos, mediante los Huertos Biointensivos, y se acepta la hipótesis alternativa, en donde se hace mención de que sí será posible lograr el abastecimiento de sus propios alimentos, mediante Huertos Biointensivos, generando beneficios ambientales, económicos y sociales (Tabla 1).

Tabla 1: ANOVA- Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	23	170.887	7.43	11.65	0
Error	1896	1209.463	0.638		

Figura 1: Curva de Gauss de distribución F



- Se logró un financiamiento de \$130,000 por parte de la organización de USAID y una voluntaria de Paz Deby Reid de Peace Corps para la Instalación de 3 áreas demostrativas: Huertos Biointensivos Familiares, para una autosuficiencia alimentaria, un Huerto Orgánico de manzana con manejo agroecológico y la instalación de captación de agua de lluvia

y sistema de riego para los huertos en el ITSSNP, demostrativos para estudiantes y la comunidad.

- Se logró con parte del recurso obtenido (\$20,000) impartir un diplomado a estudiantes en Agricultura Sustentable, para así formar promotores y promotoras ambientales que intervengan en las comunidades más vulnerables de Zacatlán de las Manzanas.
- Se logró impartir el Diplomado de Huertos Biointensivos Familiares, hacia una autosuficiencia alimentaria, en la escuela primaria de Camotepec, Piedras Encimadas, Zacatlán, Pue.
- Se logró la empatía y aceptación en su vida diaria del proyecto de producción en Huertos Biointensivos Familiares de hortalizas de manera orgánica y sana con el humano y el ambiente, por el 70 % de estudiantes, docentes y padres y madres de familia.
- Se logró la soberanía y autosuficiencia alimentaria en un 75 % de su alimentación en la canasta básica.
- Se logró formar un grupo de promotores ambientales con 2 estudiantes de cada grado de la primaria (12 estudiantes de primaria), 6 profesores de la primaria de cada grado y 20 padres y madres de familia de la comunidad, teniendo un total de 38 Promotores ambientales, que proseguirán con la formación a otros pobladores.
- Se logró la construcción de 2 huertos demostrativos y de producción de hortalizas en la escuela primaria de Camotepec, para autoconsumo en la cooperativa, obteniendo el cubrimiento del 80 % de los productos que compraba la cooperativa.
- Se logró la aceptación en la capacitación del más del 50 % de la población de la comunidad para la construcción de sus propios Huertos Biointensivos Familiares.
- Se lograron construir 20 Huertos Biointensivos en las casas de las familias más vulnerables en la comunidad, con los 20 padres y madres promotores y promotoras ambientales.
- Se logró la Construcción del Centro Agroecológico Comunitario.

Impactos del proyecto de investigación:

Impactos ambientales

1. Reducción de la contaminación del suelo y del agua, principalmente por la nula utilización de agroquímicos.
2. Reciclaje de residuos orgánicos, para la realización de abonos orgánicos (compostas, biofertilizantes y lombricompostas), y residuos sólidos, reduciendo la generación de estos, aumentando el reuso, reciclaje, y reduciendo el vertido de residuos a ríos y suelos, así como la quema de basura.

3. Aumento de la vida microbiana en el suelo de 4.5 unidades a 5 unidades, ocasionando una mejora considerable a través del manejo agroecológico. Además, se incorpora un área productiva de 800 m² dentro de la comunidad de Camotepec.
4. Reducción de utilización de agua potable en el riego de cultivos, por la captación de agua de lluvia y niebla.
5. Manejo de aguas residuales que se vierten a los ríos, con la implementación de humedales y utilización de esa agua para riego de frutales.
6. Producción de una gran variedad de especies medicinales y hortalizas, utilizadas para una sana alimentación y en la prevención de enfermedades, reduciendo así gastos en medicinas. Dentro de las especies medicinales se encontraron algunas plantas nativas que tienen propiedades potenciales para la prevención de enfermedades como el cáncer y la diabetes.
7. Incremento de áreas cultivadas. Los 22 huertos biointensivos cuentan con áreas comprendidas de entre 75 m² a 150 m², durante el año del 2017 se ha logrado incorporar un área productiva de 800 m² dentro la comunidad de Camotepec.

Impactos económicos

1. Reducción de la inversión familiar de la canasta básica de hasta un 80 %.
2. Venta de los sobrantes de hortalizas, semillas orgánicas, plantas medicinales, de conserva y preparados, venta de aceites esenciales y guisos tradicionales de la región, venta de residuos separados como cartón, plástico, metal, aluminio, papel, vidrio, venta de abonos orgánicos como compostas, lombricompostas, biofertilizantes, etc., y plaguicidas y fungicidas orgánicos.
3. Las hortalizas que presentaron una mayor rentabilidad debido a su alta productividad por m² de área cultivada de 800 fueron: kale (USD 23.8), zanahoria de colores (USD 15.80), pepinillo (USD 7.28), nabo chino (USD 4.46), col repollo (USD 2.97), col morada (USD 2.46), cebolla larga (USD 2.5) y rábano (USD 2.15).
4. Impulsa un comercio local, incentivando la realización de un mercado local orgánico.
5. Aumento de especies cultivadas con gran potencial nutricional de mayor aceptación en la dieta de los participantes fueron: kale verde y rojo (coles), lechugas, coliflor, col china, zanahorias de colores, nabos, rábano, rábano negro, repollo, camote, cilantro, frijol, soya, pepinillo, tomate riñón, uchuva, ayocote, chícharo, haba y pimiento.
6. Ayuda a enfrentar el encarecimiento de los alimentos, realizando competencia con transnacionales.
7. Reducción de gastos en servicios público por la implementación de Ecotecnologías como en el ahorro

de agua potable con la captación de agua de lluvia y niebla, en el alcantarillado por la implementación de humedales de manejo de aguas residuales, y en la construcción de invernaderos y microtúneles con la utilización de residuos sólidos urbanos de PET.

8. En cuanto al Análisis Costo-Beneficio (C/B): la relación costo/beneficio se tomó en cuenta solamente el costo de inversión por mano de obra invertida mensualmente, los costos de herramientas e insumos no se toman en cuenta debido a que fueron donados por parte del Proyecto de huertos biointensivos familiares (ITSSNP) y por la comunidad. El análisis de ingresos-egresos fue de \$75.71, la relación beneficio fue de \$22.20, indicando que por cada peso gastado se genera \$22.20 pesos, es decir, un ahorro de \$11.20 por cada peso.

Impactos sociales

1. Implementación de Ecotecnologías como una alternativa productiva que mejora la situación alimentaria y reduce la marginación social de las familias beneficiarias.
2. Mejora de la salud debido a la alimentación libre de químicos, con la diversificación y aumento en su nutrición diaria además de la utilización de plantas medicinales sumándole también la realización de ejercicio como parte del trabajo en huertos.
3. Rescate de una cultura productiva orgánica característica de los pueblos indígenas, campesinos y buenas prácticas agroecológicas.
4. Participación e integración familiar y comunitaria, desarrollo de experiencias de integración equitativa entre géneros, disminuyendo el machismo y generando empoderamiento de las mujeres, respeto, equidad, socialización, cooperación y participación de las familias en relación directa con la comunidad, permitiendo el acercamiento de niñas, niños, adolescentes, maestras, maestros, padres y madres de familia, y agricultores de la comunidad, al trabajo del huerto.
5. Se logró el asesoramiento en el manejo de los residuos sólidos urbanos, reciclando los residuos orgánicos en las compostas.
6. Se logró dar el Curso de Procesamiento y Conservación de alimentos para autoconsumo y venta.
7. Se logró obtener un banco de semillas con más de 530 diferentes especies de hortalizas, frutales, plantas ornamentales, medicinales y endémicas.

Conclusiones

Líneas de trabajo a futuro

A partir del análisis exploratorio a través de indicadores de sustentabilidad, se pueden hacer en principio, dos propuestas de manejo:

1.- Para aumentar el nivel de ingresos familiares y la autosuficiencia alimentaria se propone:

1.1 Incrementar la eficiencia del subsistema pecuario mediante la disminución de los costos, aumentando el ciclaje de alimentos del subsistema agrícola.

1.2 Incrementar la producción del subsistema agrícola mediante:

1.2.1 El aumento de la superficie cultivada.

1.2.2 El estímulo del manejo cafetalero del subsistema agroforestal.

1.2.3 El estímulo de la producción de frutales.

2.- Para disminuir la dependencia de insumos y estimular los niveles de participación comunitaria se propone:

2.1 Generar un banco de semillas.

2.2 Trabajar en el diseño y la ejecución de talleres comunales en los que puedan participar habitantes de la localidad y que tengan como objetivo fundamental el fortalecimiento de los siguientes tipos de redes sociales.

2.2.1 De intercambio de conocimientos.

2.2.2 De inserción en las cadenas comerciales.

2.2.3 De formación de centros comunitarios de cría y reproducción de entomopatógenos y entomófagos.

2.2.4 De formación en técnicas agroecológicas. Para ello podría ser necesario evaluar aspectos como el reconocimiento de sistema de valores y creencias relacionados a prácticas agrícolas dentro de los parques nacionales.

Referencias

- FERMAT, C. Y SALAZAR, R. (2012). Escasez de Alimentos: Problema Mundial. El economista. <https://www.economista.com.mx/opinion/Escasez-de-alimentos-problema-mundial-20120907-0002.html>
- Jiménez, A., Vela M., Ramírez M. y García P. (2013). Manual de metodologías participativas para iniciativas agroecológicas. ediciones ecoherentes, México.

Material de consulta

- Altieri, M. 1998. Agroecología: bases científicas de la agricultura sustentable. Westview Press.
- Altieri, M. 1997. Enfoque Agroecológico para el Desarrollo de Sistemas de Producción Sostenibles en los Andes. ed. CIED. Lima-Perú. 92 p.

- CASANOVA, SAVON. (1995). Producción biointensivas de hortalizas. Rev. Agricultura Orgánica. Año 1, No. 3, pp. 13-19. En: Pérez Tania (1998). Consideraciones acerca de la utilización de cultivos múltiples en la producción de hortalizas. Consultado en: [http://www.isch.edu.cu/biblioteca/anuario/ciencias_agropecuarias.htm] (Consulta: 15/03/2005).
- CENTRO AGROECOLÓGICO Y DE PERMACULTURA LAS CAÑADAS (2006). Producción de hortalizas Orgánicas, Manual de cultivo Biointensivo de alimentos. Las cañadas Bosque de Niebla. Veracruz, México.
- DREWS, C. (2002). Valor de la Biodiversidad, Presentación Microsoft PPT, Materia: Biología de la Conservación, Curso MAST – OET, Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica.
- FAO. (2005) Seguridad alimentaria y Veintinueve Relatos de Estudios de Caso, en Enseñanzas de los Proyectos Orgánicos Certificados y No Certificados en los Países en Vías de Desarrollo. En: [<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y41375/Y4137500.htm>] (Consulta: 16/07/2005).
- JEAVONS, J., B. BRUNEAU (1994). Investigando en el Huerto. Mini Serie de Auto enseñanza No. 17, Ed. en Español. ECOPOL México DF. México
- JEAVONS, J. (1995). ECOLOGY ACTION (1995). Una Perspectiva para el Futuro. Concepto de Sustentabilidad. Boletín informativo. Ecology Action, Willits, EEUU. 38.
- JEAVONS, J., J. M. GRIFFIT (1996). Examinando los Trópicos un Enfoque en Pequeña Escala para la Agricultura Sostenible. Mini Serie de Auto enseñanza No. 11. Ed. en Español. ECOPOL México DF. México.
- JEAVONS, J. (2002). Cultivo biointensivo de alimentos: más alimentos en menos espacio. Traducido por Castillejos W. Ed en español: Martínez J. M. Ecology Action of the Mid Peninsula, Willits, CA. USA.
- MARTINEZ, J. (1994). Huertos Familiares. Temas de Salud Rural y Planificación Familiar, AMIDEM, IMSS, Programa Menos y Mejores, México DF., México.
- MARTÍNEZ, J. M. (2002). El Método Biointensivo de Cultivo. ECOPOL AC. México DF. México.
- SOLIZ, F. Y MALDONADO, A. (2013). GUÍA METODOLOGÍAS COMUNITARIAS PARTICIPATIVAS. Clínica Ambiental, México.

Análisis de la comunicación e interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entre alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes y padres durante la pandemia de COVID-19. Puebla, 2021

^aMéndez López Gabriela Carolina* y ^aMateos Espejel María de Lourdes Esther

^aUniversidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur #1103, Barrio de Santiago C.P. 72410, Puebla, Pue., México.

*gabrielacarolina.mendez@upaep.edu.mx

Resumen

En la Introducción, se aborda el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, la justificación y el objetivo general. Asimismo, se retoman conceptos como: educación a distancia, proceso de enseñanza-aprendizaje, autoaprendizaje, estilo de aprendizaje, hábitos de estudio, habilidades digitales, TIC y motivación. En los Materiales y Métodos, se explica la estrategia metodológica, el diseño de la muestra, el proceso de recolección y análisis de datos. En los Resultados y la Discusión, se establece que los padres de familia buscan interactuar con su hijo mientras está en clases, denotando que pretenden ser parte del aula virtual. Además, si se aplica el modelo de comunicación de Shannon y Weaver

(1948), los padres de familia representan una fuente de ruido, ya que distraen la atención que sus hijos están prestando a sus clases y, por consiguiente, se convierten en un factor que afecta el aprovechamiento escolar. En las Conclusiones, se determina que los padres de familia deben ser integrados al modelo de educación a distancia, para que a nivel emocional no se sientan excluidos y a nivel académico no estén desinformados, evitando así rumores e inconformidades. Por último, se mencionan las futuras investigaciones y propuestas a desarrollar con base en los resultados obtenidos.

Palabras clave: Educación a distancia, Habilidades digitales

Abstract

In the Introduction, the approach to the problem, the research question, the justification and the general objective are addressed. Likewise, concepts such as: distance education, teaching-learning process, self-learning, learning style, study habits, digital skills, Information and Communication Technology (ICT), and motivation are taken up again. In the Materials and Methods, the methodological strategy, the sample design, the data collection and analysis process are explained. In the Results and the Discussion, it is established that the parents seek to interact with their child while he/she is in class, denoting that they intend to be part of the virtual classroom. In addition, if the communication model

of Shannon and Weaver (1948) is applied, parents represent a source of noise, because they distract the attention that their children are paying to their classes and, consequently, they become a factor that affects school achievement. In the Conclusions, it is determined that parents should be integrated into the distance education model, so that at an emotional level they do not feel excluded and at an academic level they are not misinformed, thus avoiding rumors and disagreements. Finally, future research and proposals to be developed based on the results obtained are mentioned.

Keywords: Distance education, Digital skills

- COVID-19, enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2.
- INEE, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- PEA, proceso de enseñanza-aprendizaje.
- SEP, Secretaría de Educación Pública.
- TIC, Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- UPAEP, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Introducción

El proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) «se concibe como el espacio en el cual el protagonista es el alumno y el profesor cumple con una función de facilitador de conocimientos, habilidades y valores» (Abreu *et al.*, 2018, p. 611). El aprendizaje es un proceso que implica participación, colaboración e interacción, pues se intercambian conceptos, ideas, propuestas, experiencias, intereses, expectativas, formas de pensar, actitudes y sentimientos. Por ello, la comunicación y la interacción en la educación a distancia son fundamentales para propiciar la construcción colectiva del conocimiento. Una comunicación efectiva transmitirá clara y eficazmente los contenidos educativos, resolverá las dudas de los alumnos y explicará las instrucciones para la realización de las actividades y tareas.

Tanto el proceso de enseñanza-aprendizaje como la comunicación e interacción entre alumnos, padres y docentes se vieron afectados por la aparición de la COVID-19 en 2020 y su continuidad en 2021. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realizó la Encuesta para la Medición del Impacto COVID-19 en la

Educación (ECOVIED-ED) 2020, la cual determinó que para el ciclo escolar 2019-2020, en México, 33.6 millones de alumnos tuvieron que migrar a la educación en línea, lo que implicó que 2 millones 74 mil 171 docentes debieran aprender a manejar plataformas digitales para impartir clases y evaluar el conocimiento, desarrollando así las habilidades digitales, que son «un conjunto de competencias que facilitan el trabajo en equipo, el aprendizaje autodirigido, el pensamiento crítico, la creatividad y la comunicación en el ámbito de las tecnologías digitales» (Aguilar y Otuyemi, 2020, párr. 7). Además, esto refleja que la implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha facilitado la integración de herramientas, recursos y prácticas que favorezcan el aprendizaje del alumnado.

Asimismo, la madre es quien principalmente apoya a sus hijas o hijos que cursan los niveles de educación básica, siendo para estudiantes de preescolar el 84.4 %, seguido de primaria con 77 % y finalmente secundaria con 60.2 %. Los padres de familia tuvieron que conjugar su trabajo con el proceso de aprendizaje de sus hijos, además de generar una interacción con las y los docentes. En el caso del alumnado, conforme a su estilo de aprendizaje,

debieron poner en práctica el autoaprendizaje y fortalecer los hábitos de estudio.

La motivación es uno de los factores que interviene en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que las circunstancias internas y externas influyen en la conducta de una persona para llevar a cabo una acción. Si un alumno está desmotivado, disminuirá su participación en las clases y su grado de interés por asistir a la escuela, originando que repruebe el ciclo escolar o abandone sus estudios.

Según el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación [INEE] (2019), el rango de edad idóneo para cursar los seis grados de primaria es de 6 a 11 años (p. 29). Partiendo de esto, el INEGI (2020) precisó que en Puebla viven 718,424 niñas y niños que pertenecen a ese grupo de edad. En esta entidad federativa, durante el ciclo escolar 2020-2021, desde el preescolar hasta la educación superior estudian en total 1 millón 901 mil 732 alumnos. De ellos, 960 mil 216 son mujeres y 941 mil 516 son hombres. Para este análisis resulta relevante mencionar que 764 mil 843 estudiantes de primaria cursaron este mismo ciclo escolar.

Por tanto, surge la necesidad de dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿cómo es la comunicación e interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entre alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes, madres y padres de familia durante la pandemia de COVID-19?, siempre siguiendo el objetivo general: analizar la comunicación e interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entre alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes, madres y padres de familia durante la pandemia de COVID-19. A partir de esto, se podrá conocer qué herramientas utilizan estos tres agentes educativos para mantenerse comunicados, cuáles son los principales

retos/desafíos que esta crisis sanitaria ha representado para poder tomar una clase a distancia y qué áreas de oportunidad se han descubierto para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Materiales y métodos

Estrategia Metodológica

Este estudio aplica un enfoque de investigación cualitativo, debido a que permite «obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes (sus emociones, prioridades, experiencias, significados y otros aspectos más bien subjetivos)» (Hernández *et al.*, 2014, p. 8). Con base en esto, se busca conocer las vivencias de alumnos de 5° y 6° de primaria del Colegio Cristóbal Colón, sus profesores y sus padres durante las clases a distancia. También, es un tipo de investigación descriptiva, por lo que será posible analizar, de manera detallada, la comunicación e interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entre alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes, madres y padres de familia durante la pandemia de COVID-19.

Fenomenología

La estrategia metodológica que se empleará para este diseño cualitativo es la fenomenología, que es una «estrategia de indagación en la cual el investigador identifica la esencia de las experiencias humanas acerca de un fenómeno descrito por los participantes» (Creswell, 2009, p. 21). La o el investigador se centra en comprender las experiencias de las personas entrevistadas con el fin de desarrollar

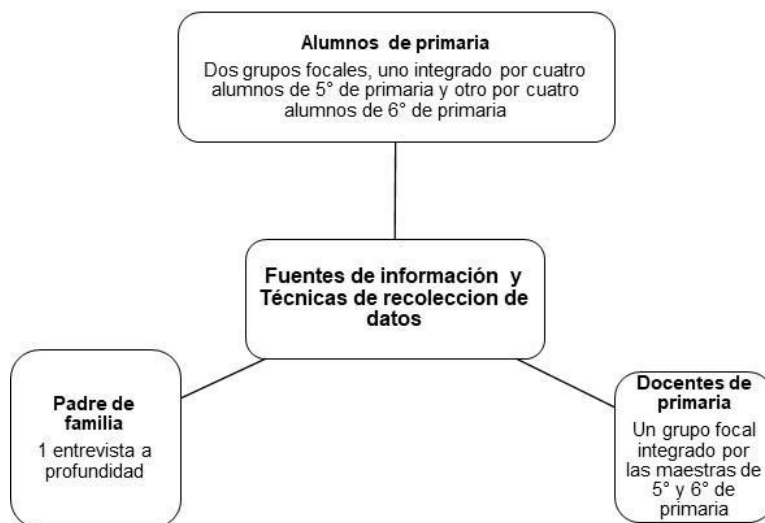


Figura 1. Describe el proceso de triangulación de los datos a partir de distintas fuentes de información y técnicas de recolección de datos (Elaboración propia, 2021)

patrones y relaciones de significado. Esta estrategia es pertinente debido a que a partir del testimonio de cada alumna y alumno de 5° y 6° de primaria, docente, madre y padre se conocerá, comprenderá y analizará con mayor profundidad su experiencia durante las clases a distancia.

Criterios de validez

Creswell y Miller (2000), al igual que Anfara *et al.* (2002) mencionan que existen diferentes procedimientos para conseguir un trabajo de investigación cualitativo válido. Para este proyecto, el empleo de distintas fuentes de información y técnicas de investigación tuvo dos objetivos primordiales: generar la triangulación de datos, así como cubrir los criterios de representatividad de voces y autenticidad.

La triangulación de datos resulta necesaria para «confirmar la corroboración estructural y la adecuación referencial» (Hernández *et al.*, 2014, pp. 456-457); es decir, generar un análisis de los datos obtenidos a partir de diferentes contextos y puntos de partida para la narración de experiencias. En la Figura 1, se puede observar el proceso de triangulación desarrollado para el presente estudio.

Con respecto a la representatividad de voces y autenticidad, los criterios abarcan el incluir a la mayoría de los grupos de interés y la expresión de descripciones equilibradas y justas (Burns y Grove, 2009).

Diseño de la muestra

Tipo de muestra

La muestra para esta investigación se divide en tres:

- **Muestra de expertos:** «En ciertos estudios es necesaria la opinión de expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios para generar hipótesis más precisas o la materia prima del diseño de cuestionarios» (Hernández *et al.*, 2014, p. 387).
- **Muestra de casos tipo:** Su objetivo es «la riqueza, profundidad y calidad de la información, no la cantidad ni la estandarización» (Hernández *et al.*, 2014, p. 387).
- **Muestra homogénea:** «Las unidades que se van a seleccionar poseen un mismo perfil o características, o bien comparten rasgos similares. Su propósito es centrarse en el tema por investigar o resaltar situaciones, procesos o episodios en un grupo social» (Hernández *et al.*, 2014, p. 388).

Selección y tamaño de muestra

A través del correo electrónico, se contactó a la directora del Colegio Cristóbal Colón, quien aceptó que este

proyecto de investigación se trabajara en su escuela. A partir de esto se obtuvo información sobre los grupos de 5° y 6° de primaria, cada uno tiene una maestra titular y ambos están integrados por 10 alumnos con un rango de edad de 10 a 12 años.

La muestra de expertos está conformada por una especialista en psicología del ámbito educativo, para que aporte información sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia, además de las maestras de 5° y 6° de primaria de esta escuela. La muestra homogénea se compone por cuatro alumnos de 5° de primaria y cuatro alumnos de 6° de primaria del Colegio Cristóbal Colón. La muestra de caso tipo está integrada por un padre o madre de 6° de primaria de esta escuela.

Definición de la muestra

La muestra de expertos consiste en docentes de 5° y 6° de primaria activos en el periodo 2020-2021 establecido por la Secretaría de Educación Pública (SEP), así como una profesora que imparte clases en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) en el periodo mencionado.

La muestra homogénea está conformada por alumnos de 5° y 6° de primaria con un rango de edad de 10 a 12 años activos en el periodo 2020-2021 establecido por la SEP. Todos los participantes de esta muestra se encuentran en la ciudad de Puebla. La muestra de casos tipo es la compuesta por padres y madres de familia con hijas e hijos de 5° y 6° de primaria inscritos en el periodo 2020-2021 establecido por la SEP.

Recolección de datos

Entrevista semiestructurada y grupos de enfoque

En relación con las técnicas y los instrumentos, se realizaron dos entrevistas semiestructuradas y tres grupos de enfoque para alcanzar mayores niveles de profundidad en la información. La entrevista cualitativa se caracteriza por ser «más íntima, flexible y abierta» (Hernández *et al.*, 2014, p. 403). Por otro lado, los grupos de enfoque son considerados como entrevistas grupales, en las que se reúnen grupos pequeños o medianos (tres a 10 personas) y conversan a profundidad sobre uno o varios temas en un ambiente relajado e informal bajo la dirección de un especialista en dinámicas grupales. La idea es conocer cómo ha sido la experiencia de alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes, madres y padres de familia en las clases a distancia.

El formato de los grupos de enfoque y entrevistas a profundidad correspondieron a preguntas semiestructuradas, puesto que presentan mayor grado de flexibilidad al partir de preguntas planeadas, que tienen la posibilidad de ajustarse a las y los participantes con el fin de aclarar

términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos. De igual forma, los instrumentos de medición para los grupos focales y las entrevistas a profundidad correspondieron a guías con 20 a 30 preguntas agrupadas en cinco categorías conceptuales, considerando el objetivo del estudio y la revisión de la literatura.

Los grupos focales y las entrevistas a profundidad se realizaron hasta alcanzar un nivel de saturación (Saunders *et al.*, 2018); es decir, el punto donde no existen nuevos códigos en los datos, ya que se encuentran varios ejemplos de los mismos códigos, pero no surgen nuevos (Urquhart, 2013).

Proceso de recolección de datos

La recolección se realizó a través de dos técnicas cualitativas de investigación: entrevistas a profundidad y grupos de enfoque. Ambos se realizaron a través de la plataforma *Google Meet* del 15 al 22 de abril del presente año, en diferentes horarios que abarcan desde las 9:30 horas hasta las 21:30 horas. Lo anterior porque se priorizó la salud y seguridad de los participantes ante la existencia de la crisis sanitaria ocasionada por la COVID-19 en México y se obedeció la solicitud de las autoridades gubernamentales con relación a evitar reuniones presenciales.

La moderación de la sesión estuvo a cargo de la autora que conduce la presente investigación. Cada sesión cuenta con una grabación de entre 30 a 60 minutos y están almacenadas en una carpeta de *Google Drive*. Los participantes tomaron la iniciativa de activar su cámara sin necesidad de solicitárselos, además sabían que únicamente activarían su

micrófono cuando realizaran una intervención. Esto con el objetivo de evitar interrupciones o saturación de audio, y así asegurar la claridad en cada una de las intervenciones. Cabe mencionar que las y los participantes no recibieron ninguna compensación por su colaboración. Todas las entrevistas se transcribieron en un documento externo al que se está trabajando la presente investigación.

Análisis de datos

Para el análisis de la información se utilizó el programa informático *Atlas.ti v. 8*, el cual es un *software* especializado en «el análisis cualitativo de grandes cuerpos de datos textuales, gráficos, audio y video» (Morales *et al.*, 2014, p. 203). Se ejecutó el proceso de análisis de datos cualitativos propuesto por Pérez (1994), que consiste en realizar un análisis exploratorio (Fase 1. Desarrollo de categorías desde los datos), después un análisis confirmatorio (Fase 2. Partición del texto en segmentos aplicando las categorías desde los datos) y por último una descripción e interpretación (Fase 3a. Examen de todos los segmentos en cada categoría a fin de establecer patrones en los datos).

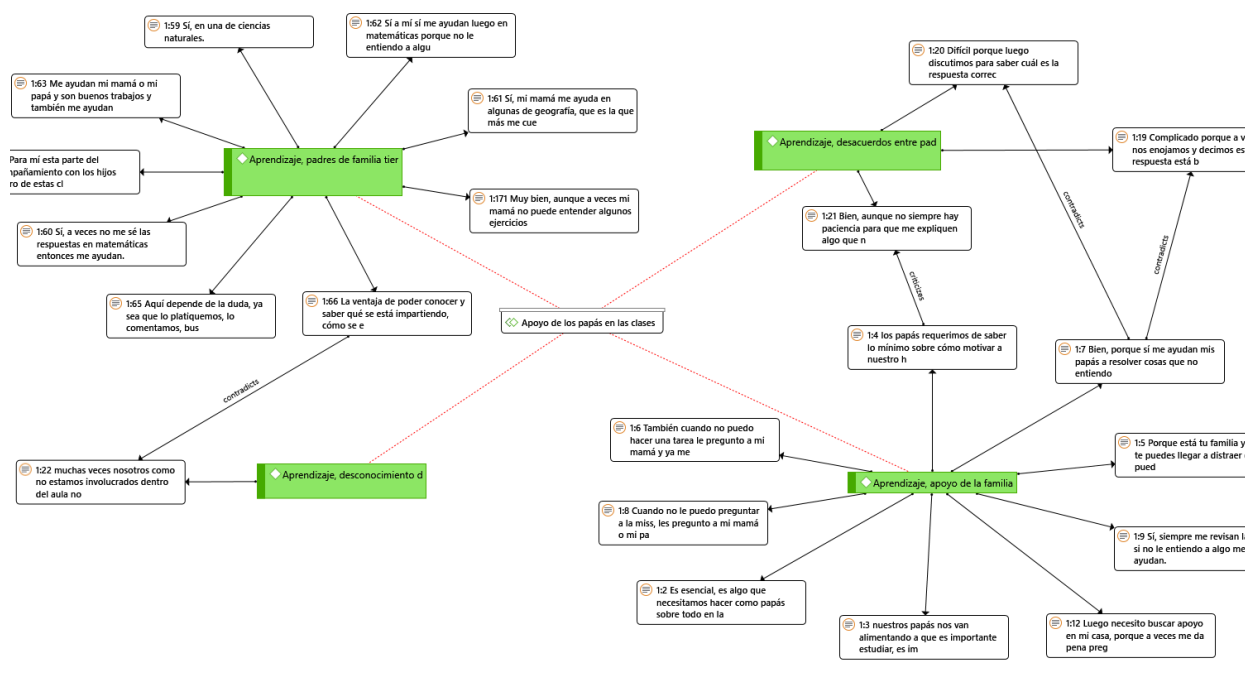


Figura 2. Grupo de Códigos 1. Apoyo de los papás en las clases (Elaboración propia, 2021)

Resultados/ Discusión de resultados

Grupos de códigos

Consiste en el examen de cada código para establecer patrones en los datos, es decir, se buscó la relación entre los códigos generados, para así formar los grupos de los mismos, los cuales conceptualizan e integran los patrones que existen entre ellos.

A partir de la Figura 2, además de presentar grupos de códigos generados con su correspondiente descripción e interpretación, se afirma que para el alumnado el acompañamiento de sus madres y padres es fundamental, ya que los impulsa a conectarse de manera sincrónica a sus clases, realizar sus actividades y tareas, resolver dudas, obtener calificaciones satisfactorias y continuar estudiando. Con base en esto, el código «Aprendizaje, apoyo de la familia» muestra que algunos estudiantes respondieron que «cuando no puedo hacer una tarea le pregunto a mi mamá y ya me explica con más exactitud» (Irving Díaz, 2021, 6° grado de primaria) e incluso comentaron que «cuando no le puedo preguntar a la miss, le pregunto a mi mamá o a mi papá y ya me ayudan» (Ángel Velasco, 2021, 6° grado de primaria). No obstante, otros contestaron que cuando sus madres o padres les ayudan a hacer una tarea es complicado, porque «no siempre hay paciencia para que me expliquen algo que no entendí» (Amairani Mellado, 2021, 5° grado de primaria).

Debido a que algunas madres y padres de familia tienen que acudir a su trabajo, la atención, el cuidado y el acompañamiento que sus hijas e hijos necesitan se ven interrumpidos. En cambio, aquellos que continúan trabajando desde casa han tenido que organizar su tiempo, de

manera que presten atención a las demandas laborales, escolares y familiares.

Lo anterior se evidencia en el código «Aprendizaje, padres de familia tienen conocimiento de las materias de primaria», porque se menciona que una de las ventajas del aprendizaje a distancia es poder conocer y saber qué se está impartiendo y cómo se está impartiendo, sin embargo, esto contradice al código «Aprendizaje, desconocimiento de la dinámica dentro del aula», puesto que la respuesta de un padre fue «muchas veces nosotros como no estamos involucrados dentro del aula no sabemos de muchas cosas que suceden y de cómo los maestros se manejan dentro del aula» (Francisco Tapia, 2021, padre de alumno de 6° grado de primaria).

En este grupo de códigos se observa que el aprendizaje a distancia ha propiciado el acompañamiento de las madres y los padres a sus hijas e hijos, dado que en las clases presenciales, docente y alumnos eran quienes se encontraban en el aula, mientras que las madres y los padres de familia no estaban involucrados, pero ahora escuchan con mayor atención a sus hijas e hijos para conocer y asimilar la información que les compartan.

Considerando que la modalidad de la educación a distancia se centra en la o el estudiante, ofreciéndole un mayor control sobre su aprendizaje, las y los alumnos respondieron que en determinadas materias (matemáticas, historia e inglés) requerían repasar los temas, también comentaron que «una ventaja es que podemos ser autónomos y responsables» (Irving Díaz, 2021, 6° grado de primaria) e incluso, antes de solicitar el apoyo de las madres, padres o las maestras, «primero casi siempre checo la información de los cuadernos» (Edgar Hernández, 2021, 6° grado de primaria).

Asimismo, la falta de acompañamiento de las madres y los padres por sus ocupaciones laborales ha motivado a sus hijos a tomar la iniciativa de estudiar por sí solos, por

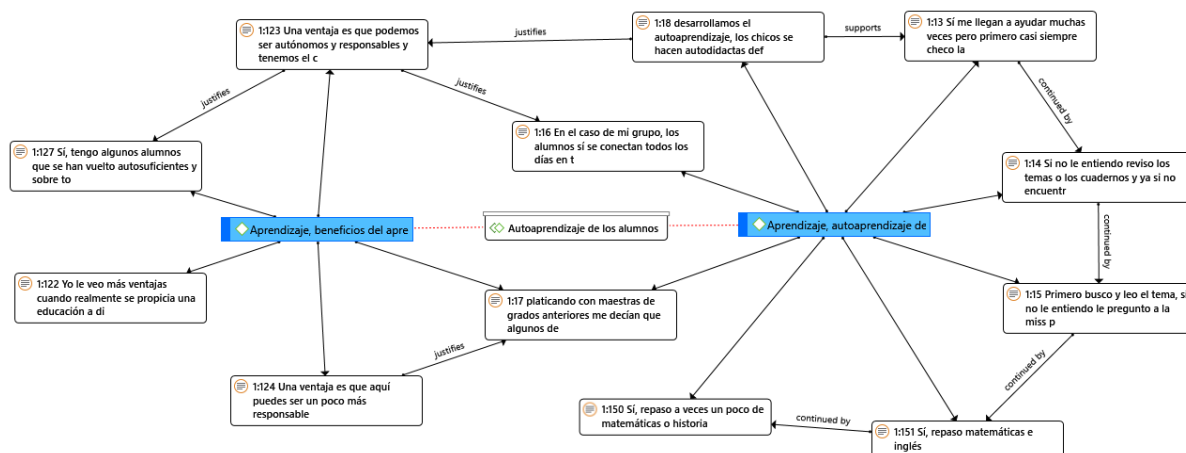


Figura 3. Grupo de Códigos 2. Autoaprendizaje de los alumnos (Elaboración propia, 2021)

ejemplo, las maestras dijeron que sus estudiantes «se han visto en la necesidad de realizar sus tareas y actividades de manera independiente e individual, pues sus papás trabajan y no los pueden acompañar todo el tiempo» (Lizeth Zurita, 2021, docente de 5° grado de primaria).

De esta forma, la Figura 3 permite interpretar que las y los alumnos se constituyen como emisores de los mensajes que comunican a sus padres, ya que los hijos son quienes de primera mano obtienen la información de sus clases a distancia y la procesan.

La Figura 4 demuestra que la comunicación entre la escuela, madres y padres es unilateral y deficiente, por lo tanto, no es posible proporcionar una retroalimentación frecuente y oportuna sobre los asuntos relacionados con la educación del alumnado. «Una escuela tiene que tener buenas estrategias de comunicación con los padres de familia, tiene que aprender a escucharlos sin temor a que se subleven, aprender a darles su espacio y también formarlos o capacitarlos para estar en sintonía» (Ivonne Martínez, 2021, entrevista con especialista en psicología del ámbito educativo), aunque esto contradice lo que menciona un padre de familia: «descartando a la directora, con el resto de los profesores la comunicación es nula, no hay

retroalimentación, hasta el momento ha habido solamente dos juntas de padres de familia» (Francisco Tapia, 2021, padre de alumno de 6° grado de primaria).

No obstante, los mecanismos de comunicación entre docentes y estudiantes son efectivos, debido a que propician el diálogo y la retroalimentación, esto durante y después del horario de clases. Las y los alumnos comentaron que la comunicación es «excelente, muy buena porque puedo hablar con ella al final de la clase» (Irving Díaz, 2021, 6° grado de primaria), o incluso «le pregunto a la miss por WhatsApp y a veces tarda un poquito porque falla su internet, pero siempre nos contesta» (Santiago Pérez, 2021, 5° grado de primaria). En virtud de que no se ha promovido un proceso de comunicación entre la escuela, las madres y los padres de familia, estos últimos son los más afectados en términos de conocimiento y comprensión de contenidos educativos; por consiguiente, el alumnado se convierte en el emisor e intermediario entre la escuela, madres y padres.

Las TIC han permitido que las y los alumnos continúen estudiando a la distancia, sin embargo, antes de esta modalidad, docentes, estudiantes, madres y padres no utilizaban e incluso no conocían las plataformas de videoconferencia como *Blackboard Collaborate*, *Zoom*, *Google*

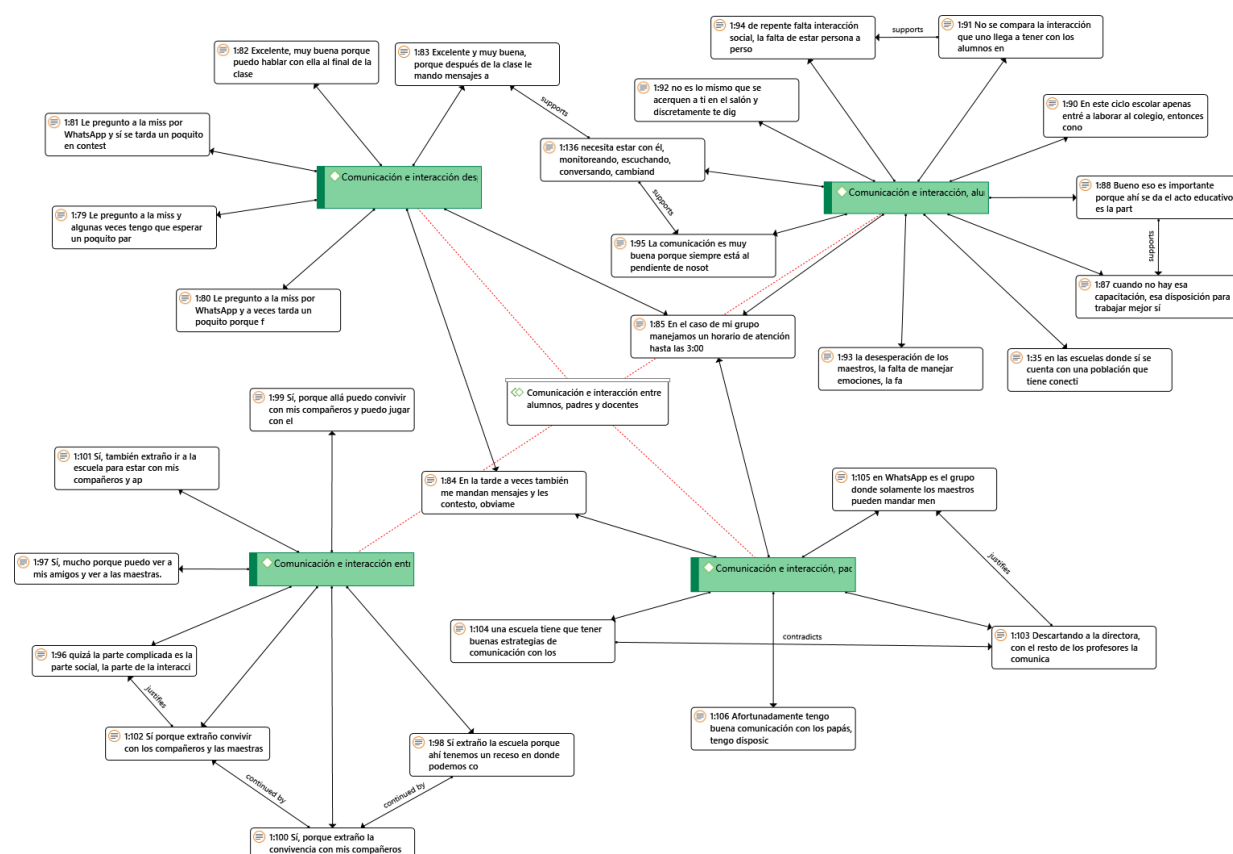


Figura 4. Grupo de Códigos 3. Comunicación e interacción entre alumnos, padres y docentes (Elaboración propia, 2021)

Meet, Microsoft Teams, entre otras. La Figura 5 expone que el grupo de alumnos comentó: «al principio no sabía usar toda la plataforma, pero ahora ya sé cómo funciona» (Irving Díaz, 2021, 6° grado de primaria). También, las maestras dijeron: «a pesar de que no sabíamos cómo funcionaban las plataformas, como maestros nos vimos en la necesidad de aprender solos, entonces en Internet tenía que buscar tutoriales para ir aprendiendo» (Italia Cantoral, 2021, docente de 6° grado de primaria).

Asimismo, las y los estudiantes mencionaron: «no me ha costado trabajo porque desde antes de entrar a este modo de clases, ya sabía manejar la computadora y el celular» (Edgar Hernández, 2021, 6° grado de primaria) o «desde pequeña aprendí a manejar los aparatos electrónicos y no me ha costado usar ninguno» (Luciana Meza, 2021, 6° grado de primaria). Sin embargo, dijeron que para resolver tareas muy específicas en la computadora tuvieron que recurrir a sus madres, padres o a sus familiares para solucionarlas, por ejemplo: «mi mamá me ha enseñado cómo usar la computadora» (Ángel Velasco, 2021, 6° grado de primaria) o «a veces mi hermano me explica cómo funciona la computadora» (Iam Islas, 2021, 5° grado de primaria).

A partir de lo anterior, se interpreta que tienen acceso a dispositivos electrónicos (computadora, celular inteligente o tableta). Además, tanto alumnos como docentes han desarrollado habilidades digitales que les permiten continuar con el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el caso del alumnado, estas habilidades se han perfeccionado, ya que han generado mayor pensamiento crítico, resolución de problemas y manejo de información dentro de todo el contexto de las tecnologías. No obstante, para las madres y los padres de familia, estas habilidades digitales se han concentrado en el uso de las tecnologías, quedando fuera de obtener mayor oportunidad para la colaboración y la creatividad.

La Figura 6 permite comprender que uno de los factores que interviene en el aprendizaje es la motivación, por supuesto que las y los alumnos tienen sus propias razones para continuar estudiando, por ejemplo: «para que cuando sea grande pueda tener un buen trabajo y pueda vivir bien» (Ángel Velasco, 2021, 6° grado de primaria) o «sacar buenas notas» (Amairani Mellado, 2021, 5° grado de primaria). Sin embargo, madres y padres también tienen que motivar y apoyar a sus hijos para que continúen estudiando, «el hijo de repente va a necesitar de alguien que confíe en él, de alguien que lo apoye, de alguien que lo

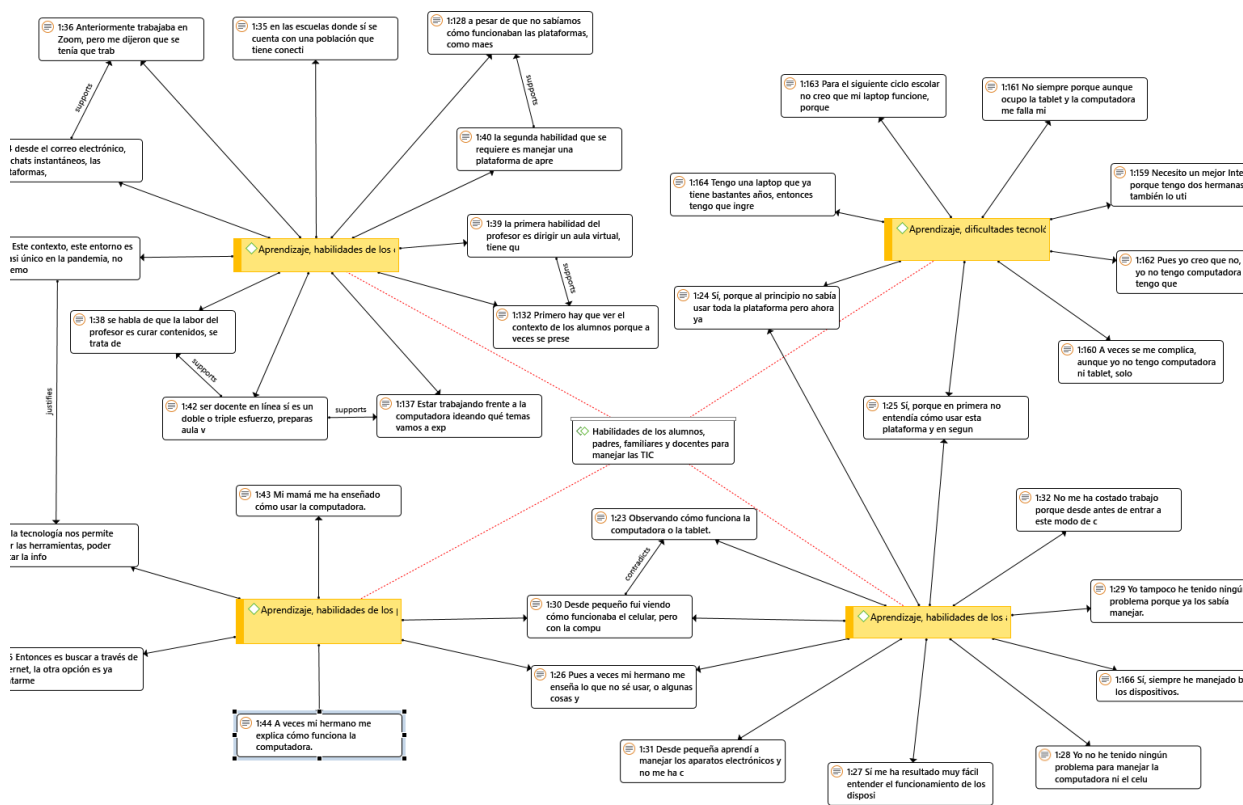


Figura 5. Grupo de Códigos 4. Habilidades de los alumnos, padres, familiares y docentes para manejar las TIC (Elaboración propia, 2021)

motivo, de alguien que no lo castigue, que no lo juzgue, que no lo critique, sino que lo invite, que lo enamore del conocimiento» (Francisco Tapia, 2021, padre de alumno de 6° grado de primaria).

Asimismo, las y los alumnos reconocieron que en ocasiones dejan de prestar atención a sus clases en línea: «porque está tu familia y a veces te puedes llegar a distraer o te puedes ir de la clase, entonces cuando regresas es cuando viene lo que ya no entiendes y surgen problemas» (Edgar Hernández, 2021, 6° grado de primaria) e incluso «se les hace más tedioso y aburrido no ir a la escuela para tomar sus clases y ver a sus compañeros» (Lizeth Zurita, 2021, docente de 5° grado de primaria). Con base en esto, las madres y los padres se convierten en una fuente de ruido en la comunicación entre docentes y alumnos. Por este motivo, es fundamental que madres y padres de familia sean conscientes de que sus hijas e hijos necesitan concentrarse en su proceso de aprendizaje.

Por ello, las docentes han tenido que «motivarlos a que realicen sus actividades y platicar con ellos, desde que iniciamos les pregunto ¿cómo están?, ¿cómo se sienten?, ¿qué han hecho?, darles la bienvenida, comentarles dónde estoy, porque ahorita no me encuentro en Puebla y eso nos ha llevado a tener confianza y a que cumplan con lo que les pido» (Italia Cantoral, 2021, docente de 6° grado de primaria).

Guerrero y Flores (2009) explican que el aprendizaje constructivista plantea que la o el alumno construye su propio conocimiento a partir de la interpretación que le dé a la información que recibe del entorno. Con base en esto, se dice que la educación a distancia adopta esta teoría del aprendizaje, puesto que el estudiante se convierte en el núcleo del proceso de aprendizaje y el docente es un facilitador que le brinda asistencia y acompañamiento. Los resultados de esta investigación refuerzan la perspectiva de los autores mencionados, debido a que las y los alumnos entrevistados mostraron una iniciativa respecto al aprendizaje. Las condiciones generadas por la pandemia propiciaron el desarrollo de una autodisciplina, una independencia para comprender y ejecutar las tareas y actividades solicitadas, así como una comunicación más asertiva con las y los profesores.

Por tanto, en esta investigación se considera que el estudiante se convierte en el núcleo del proceso de aprendizaje, tal y como lo comentan Guerrero y Flores (2009), además, el rol de la o el profesor solo es de facilitador. Ante esto, se considera que la comunicación e interacción entre alumnos y maestros está determinada por los propios alumnos, ya que generan mensajes basados en la información que ellos mismos construyen, dejando de lado la idea

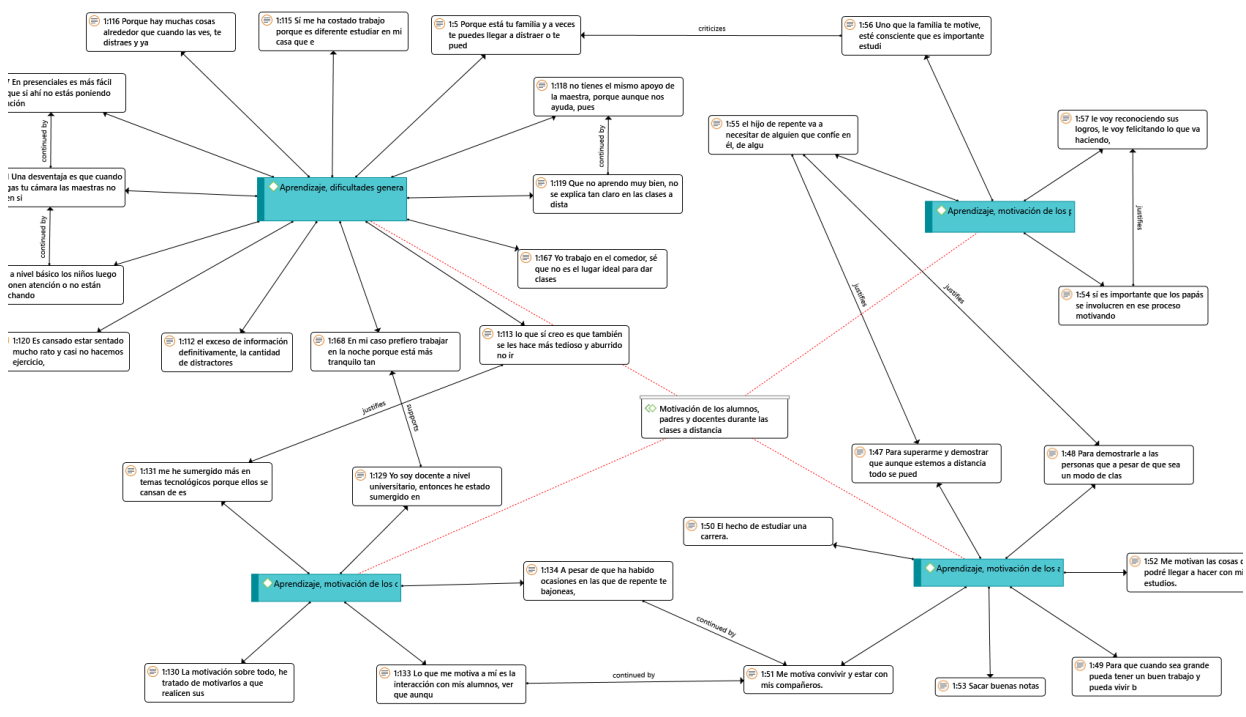


Figura 6. Grupo de Códigos 5. Motivación de los alumnos, padres y docentes durante las clases a distancia (Elaboración propia, 2021)

de que la o el profesor es el poseedor del conocimiento y proveedor de la información.

Asimismo, esta modalidad educativa promueve el autoaprendizaje, que «implica responsabilidad y auto-disciplina por parte del sujeto que aprende» (Martínez, 2008, p. 22). Nuevamente, esta postura se confirma con los resultados de la presente investigación. Sin embargo, el autoaprendizaje no es un proceso que se genere en todas las materias del plan de estudio que siguen las y los alumnos entrevistados. Por ejemplo, asignaturas como matemáticas e historia requieren de una comunicación más unidireccional, en la cual el profesor actúa como el principal emisor de la información y los alumnos en un primer momento solo son receptores de la misma. Cabe la posibilidad de que esta comunicación unidireccional sea más prolongada que en materias como español, ciencias naturales, geografía, civismo, computación e inglés, en las que el proceso de autoaprendizaje es más inmediato.

Respecto a lo que Perazzo (2010) comenta sobre la interacción simultánea y bidireccional en el aula virtual entre alumno y docente, la presente investigación coincide con esta afirmación. No obstante, a diferencia de lo que Perazzo comenta, esta interacción en el aula puede dejar de ser simultánea con la presencia de madres y padres de familia, quienes buscan interactuar con su hijo mientras está en clases. De esta forma, es posible interpretar que las madres y los padres al estar condicionados al encierro buscan ser parte del aula virtual, situación que no ha sido planteada en la literatura actual.

En este sentido, si se retoma el modelo de comunicación de Shannon y Weaver (1948), las madres y los padres de familia representan el componente denominado «ruido» que propone este modelo en la comunicación mediada a través de la tecnología. Esto es posible de afirmar, porque los resultados de la presente investigación indican que en numerosas ocasiones las madres y los padres distraen la atención que sus hijos están prestando a sus clases y, por consiguiente, se convierten en un factor que afecta el aprovechamiento escolar.

Si bien antes de la pandemia se tenía acceso a los dispositivos electrónicos (computadora, celular inteligente o tableta), la comunidad educativa no los utilizaba e incluso no conocía las plataformas de videoconferencia y otras herramientas tecnológicas, motivo que no impidió que alumnos de primaria y docentes desarrollaran habilidades digitales que les han facilitado «el trabajo en equipo, el aprendizaje autodirigido, el pensamiento crítico, la creatividad y la comunicación en el ámbito de las tecnologías digitales» (Aguilar y Otuyemi, 2020, párr. 7). Sin embargo, para las madres y los padres el uso de plataformas digitales ha resultado más complicado, porque son inmigrantes digitales y no habían buscado ni tenido la necesidad de adquirir una mayor capacitación. Por esta razón, han tenido que adaptarse paulatinamente al uso de las TIC. Los resultados indican que las madres y los padres de familia se encuentran en desventaja al interactuar con sus hijos cuando están dentro del aula virtual y en sus procesos de autoaprendizaje.

Conclusiones

A partir de la pregunta de investigación: ¿cómo es la comunicación e interacción en el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entre alumnos de 5° y 6° de primaria, docentes, madres y padres de familia durante la pandemia de COVID-19?, a continuación, se establecen las conclusiones de la presente investigación.

El modelo de comunicación propuesto por Claude Shannon y Warren Weaver (1948) se centra en la eficacia de la transmisión del mensaje. Por ello, Weaver consideraba que en la comunicación existen tres problemas:

1. Problema técnico: ¿Con qué precisión se pueden transmitir las señales de la comunicación?
2. Problema semántico: ¿Con qué precisión los mensajes son recibidos con el significado deseado?

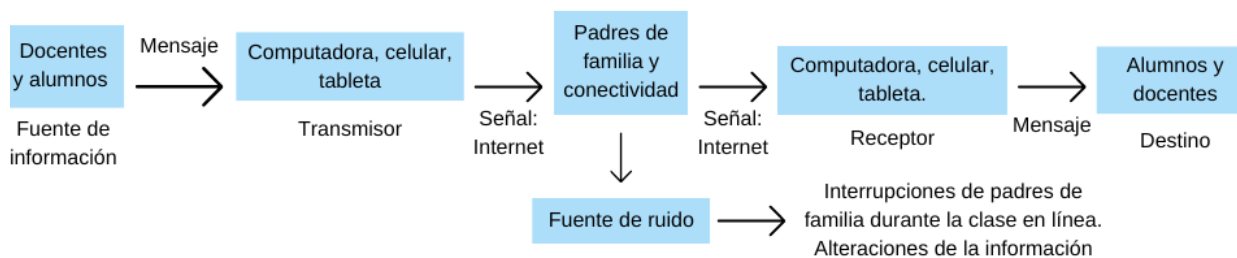


Figura 7. Modelo de comunicación entre alumnos, docentes y padres de familia durante la educación a distancia (Elaboración propia, 2021)

3. Problema de efectividad: ¿Con qué eficacia el significado recibido afecta a la conducta del destino en el sentido deseado por la fuente de información?

Con base en esto, se determina que docentes y alumnos actúan como fuente de información y destino, ya que indistintamente son los responsables de enviar y recibir los mensajes, que en este caso son los contenidos educativos, las dudas del alumnado, las instrucciones para la realización de actividades y tareas, y las presentaciones de clase. Siguiendo con el modelo, el transmisor está representado por la computadora, el celular o la tableta, los cuales permiten al emisor y al receptor (alumnos-docentes, docentes-alumnos) enviar la información a través de la señal de Internet.

Sin embargo, en este proceso las madres y los padres de familia junto con la conectividad actúan como fuentes de ruido. Si bien el modelo fue concebido para explicar el proceso de comunicación a través de la tecnología, en esta investigación, una de las principales conclusiones es que las madres y los padres constituyen una fuente de ruido que interrumpe, modifica e interviene en la comunicación entre alumnos-docentes y docentes-alumnos, pues la pandemia los orilló a estar en casa y, por tanto, tienen más oportunidad de involucrarse en las actividades académicas de sus hijos. No obstante, al carecer de las habilidades digitales, así como el seguimiento puntual de los contenidos educativos, las madres y los padres podrían obstaculizar el aprendizaje y la enseñanza. La literatura aún no ha considerado esta situación.

Por ello, se concluye que las madres y los padres de familia requieren ser incluidos en el modelo educativo de sus hijos. A diferencia de lo que ocurría antes de esta pandemia, hoy están en una desventaja para apoyar a sus hijas e hijos en esta transición hacia la educación a distancia. Por esta razón, se puntualiza que la educación a distancia es más compleja que la educación presencial, porque requiere mayor atención, participación y compromiso del estudiante, así como apoyo familiar. Asimismo, como se mencionó anteriormente, debe integrar a las madres y los padres, para que a nivel emocional no se sientan excluidos y a nivel académico no estén desinformados. Con esto sería posible evitar inconformidades y rumores. Por último, las madres y los padres de familia han tenido que desarrollar habilidades digitales para que puedan tener una mejor interacción con sus hijas e hijos y, por consiguiente, se vuelvan parte del aula virtual y logren comprender mejor los contenidos educativos.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

El hecho de que las madres y los padres de familia no formen parte del modelo educativo y se constituyan como una fuente de ruido sugiere que futuras investigaciones deben concentrarse en la participación activa y desarrollo

de habilidades digitales por parte de los progenitores para apoyar en el proceso de aprendizaje a distancia a sus hijos. De esta manera se propone que las escuelas de educación básica de Puebla integren a madres y padres a la modalidad de la educación a distancia, para esto es importante que tanto la escuela como ellos construyan los mecanismos para su integración. Se considera que la participación de los mismos en el modelo educativo permite asegurar su efectividad. Así pues, la principal propuesta reside en invitar a madres y padres de familia a ser parte de esta integración o bien a ser conscientes de su intervención como fuente de ruido en el proceso de comunicación docente-alumno y alumno-docente.

Se propone la siguiente estrategia de comunicación:

1. A través de un reportaje explicar por qué las madres y los padres de familia representan un ruido en el proceso de enseñanza-aprendizaje de sus hijos durante sus clases a distancia.
2. Sugerir recomendaciones de cómo pueden apoyar a sus hijos en las clases a distancia.

Agradecimientos

Agradezco a la Mtra. Ana Lilia Huerta Varela, Directora del Colegio Cristóbal Colón, así como a todo el personal que labora en el mismo, a los alumnos y a los padres de familia por brindarme su apoyo para la realización de este proyecto de investigación.

Asimismo, agradezco a la Dra. Lulú Mateos Espejel, mi Asesora de Tesis, por guiarme para que la presente investigación sea satisfactoria.

También, agradezco a mi familia por su apoyo y motivación, para que siga adelante en mis estudios.

Referencias bibliográficas

- Abreu, Y., Barrera, A.D., Breijo, T. y Bonilla, I. (2018). El proceso de enseñanza-aprendizaje de los Estudios Lingüísticos: su impacto en la motivación hacia el estudio de la lengua. *Mendive. Revista de Educación*, 16(4), p. 610-623.
- Aguilar, L. R. I. y Otuyemi, E. O. (2 de octubre de 2020). *La competencia digital es una necesidad permanente*. Recuperado el 16 de julio de 2021 de <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/competencia-digital-una-necesidad-permanente>
- Anfara, V. A., Brown, K. M. y Mangione, T. L. (2002). Qualitative Analysis on Stage: Making the Research Process More Public. *Educational Researcher*, 31(7), p. 28-38.
- Burns, N., y Grove, S. K. (2009). *The practice of nursing research: Appraisal, Synthesis, and Generation of Evidence*. St. Louis: Elsevier.
- Creswell, J. W. (2009). Estrategias Cualitativas. En *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (p. 21-22). SAGE.

Creswell J. W. y Miller, D. L. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory Into Practice*, 39(3), p. 124-130. https://people.ucsc.edu/~ktellez/Creswell_validity2000.pdf

Guerrero, T. M. y Flores, H. C. (2009). Teorías del aprendizaje y la instrucción en el diseño de materiales didácticos informáticos. *Revista Educere*, 13(45), p. 317-329. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35614572008>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). ¿Cuántos son cómo tú? Recuperado de:

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/comotu.aspx?tema=me&e=21>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Matrícula escolar por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2020/2021*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=ac13059d-e874-4962-93bb-74f2c58a3cb9>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). INEGI presenta resultados de la Encuesta para la Medición del Impacto COVID-19 en la Educación (ECOVIED-ED) 2020. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ECOVIED-ED_2021_03.pdf

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2019). *Panorama educativo de México*. Recuperado de: <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P1B117.pdf>

Martínez, C. H. (2008). La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual. *Dialnet*, 17(33), p. 7-27. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5057022.pdf>

Morales, V., Pérez, R. y Anguera, M. T. (2014). Tratamiento metodológico de la observación indirecta en la gestión de organizaciones deportivas. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), p. 201-207. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235129571024>

Perazzo, M. I. (2010). Educación a distancia hoy: en busca de la comunicación real. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 13(1), p. 73-93. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331427212004>

Pérez, G. (1994). *Investigación Cualitativa. Retos e interrogantes. I. Métodos*. Editorial La Muralla.

Pérez, G. (1994). *Investigación Cualitativa. Retos e interrogantes. II. Técnicas y análisis de datos*. Editorial La Muralla.

Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., Burroughs, H. y Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & Quantity*, 52(4), p. 1893-1907. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0574-8>

Urquhart, C. (2013). *Grounded Theory for Qualitative Research: A practical Guide*. SAGE.

Análisis semiótico de la representación del activismo LGBTQ+ en las películas *Pride* (Warchus, 2014) y *120 battements ar minute* (Campillo, 2017)

Escamilla Tiburcio Edgar Ulises

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur No. 1103, Col. Barrio de Santiago, C.P. 72410, Puebla, Puebla.

edgarulises.escamilla@upaep.edu.mx

Resumen

El activismo LGBTQ+, representado en la cinematografía, suele exponerse bajo estereotipos debido a la visión heteronormativa predominante en Occidente. Gracias a las exigencias de inclusión que diversas entidades públicas y privadas han impuesto a los medios de comunicación, la comunidad LGBTQ+ ha sido retratada con una diversidad de signos novedosos en el cine europeo. Empero, este nuevo sistema semiótico supone un cambio en el discurso ideológico mediático respecto a los MDS. Interpretar semióticamente esta transición es crucial para asegurar el justo retrato de las minorías de la diversidad sexual y de género. Por ello, bajo las metodologías de Saussure, Peirce y Barthes, se analizaron dos largometrajes europeos de la década pasada y cuyas historias se basan en

los movimientos sociales emprendidos por activistas LGBTQ+ en Europa en los años 80 y 90. En esta investigación se concluye que la representación del activismo LGBTQ+ se encuentra polarizada, ya que mientras en *Pride* (Warchus, 2014) se utilizan signos que permiten la reflexión de temáticas con perspectiva de género e ideología de género, en *120 battements par minute* (Campillo, 2017) solamente se presentan los signos que evidencian la discriminación que sufre el activista, bajo el estereotipo de ser libertino, drogadicto y promiscuo.

Palabras clave: Activismo, LGBTQ+, Representación, Semiótica

Abstract

LGBTQ+ activism, represented in cinematography, is often portrayed under stereotypes due to the predominant western heteronormative vision. Thanks to the demands for inclusion that various public and private entities have imposed on the media, the LGBTQ+ community has been portrayed under a variety of new signs in European cinema. However, this new semiotic system of the seventh art supposes a change in the media's ideological discourse regarding the Gender Non-Conforming Social Movements. Interpreting this transition semiotically is crucial to ensure the fair portrayal of sexual and gender diversity minorities. Therefore, under the methodologies of Saussure, Peirce and Barthes, two European films from the past decade, whose

stories are based on the social movements undertaken by LGBTQ+ activists in England and France in the 80s and 90s, were semiotically analyzed. The present study concludes that the representation of LGBTQ+ activism is currently polarized. While *Pride* (Warchus, 2014) uses signs that allow reflection on issues such as gender perspective, gender ideology and gender expression, *120 battements par minute* (Campillo, 2017) limits itself to presenting signs that show the discrimination suffered by the activists, under the stereotype of being libertine, drug addicts and promiscuous.

Keywords: Activism, LGBTQ+, Representation, Semiotics

- CONAPRED, Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación
- LGBTQ+, Movimiento social conformado por lesbianas, gays, bisexuales, transexuales, travestis, transgénero, queer y demás orientaciones sexuales e identidades de género
- MDS, Movimientos de la Disidencia Sexual
- ONG, Organización No Gubernamental

Introducción

En el estado de Puebla no hay registro de la cantidad de contenidos audiovisuales con temáticas LGBTQ+ realizados. Tampoco existe un organismo que apoye directamente a estas producciones. No obstante, la creación de contenidos LGBTQ+ en esta entidad federativa tuvo un gran despunte con la película *I carry you with me* (Ewing, 2020), la cual ha sido distribuida por Sony Pictures Classics y Stage 6 Films. Esta obra recaudó \$192, 824.00 dólares durante su tiempo de exhibición y fue nominada a diversos festivales, como los premios Ariel, el Festival Internacional de Atenas, Hollywood Critics Association Midseason Awards, los premios GLAAD, entre otros (The Numbers, 2021). Cabe mencionar que la historia de esta película se centra en el romance de dos hombres homosexuales que se conocen en la ciudad de Puebla y deciden migrar a los Estados Unidos de América. A pesar del éxito que este largometraje, cuyo escenario principal fue la Angelópolis, no existen producciones cinematográficas de origen local que aborden una temática similar. Es probable que esto se deba a la escasez de productos audiovisuales con incidencia en las distintas

orientaciones sexuales e identidades de género no solo del estado, sino también del país en su conjunto. Además, los medios de comunicación han tomado posturas discriminatorias respecto al movimiento LGBTQ+. Por ejemplo, un locutor de una estación de radio en Puebla tuvo que disculparse públicamente tras haber realizado comentarios homofóbicos al aire (CONAPRED, 2010). De igual manera, algunos registros indican la visión estereotipada de los comunicadores de diversas radiodifusoras sobre los homosexuales (Lado B, 2011).

Por lo expuesto anteriormente, es crucial que se estudien los signos de las producciones cinematográficas que representan el activismo LGBTQ+, puesto que, como se ha mencionado anteriormente, este tipo de películas dan pauta a la discriminación. Así mismo, resulta preponderante que las y los realizadores cinematográficos de la entidad cuenten con literatura que les permita fundamentar contenidos y abrir la discusión a nivel social sobre una comunidad que al parecer está ausente en las pantallas locales. Para lograr esto, se debe dar el primer paso y este trabajo lo representa. Por esta razón, en el presente documento se retoman dos obras icónicas del activismo LGBTQ+, las cuales se consideran como un punto de

partida para futuros trabajos en el cine poblano. Teniendo esto en cuenta, se busca que las y los creadores tengan un pensamiento crítico frente a la variedad de signos que acompañan a las minorías de la disidencia sexual en los distintos medios de comunicación.

A partir de lo antes expuesto es preciso puntualizar que el apoyo hacia la comunidad LGBTQ+ se ha concentrado en la Ciudad de México y existen pocos ejemplos de asociaciones, instituciones o grupos de la sociedad que se han reunido para manifestar sus derechos públicamente. De hecho, la capital del país ha sido la única en la que se ha presenciado un evento como el Foro de Diversidad Sexual y Derechos Humanos, el cual permitió la discusión de temas relacionados al colectivo LGBTQ+. Este evento contó con la asistencia de activistas feministas, promotores de los derechos humanos y miembros del gremio LGBTQ+. Carmona (2020) afirma que el coloquio «representó un momento coyuntural para el movimiento en donde escenario, guion y actores se conjugaban» (p. 252) y agregó que entre las personas participantes más de uno se sentía parte de más de un solo grupo activista, puesto que podían pertenecer tanto al movimiento de las mujeres o al del VIH, e identificarse como gay, lesbiana, transexual, entre otros. Así, México se convirtió en pionero al permitir los discursos de las minorías y en escuchar la demanda por el reconocimiento de la unión civil homosexual en Latinoamérica. Carmona (2020) agrega que debe reconocerse «la importancia del movimiento zapatista al difundir discursos relativos a la diversidad, los derechos humanos y la democracia en México», no sin antes recalcar que debe diferenciarse el caso de la Ciudad de México con el del resto de las regiones del país (Carmona, 2020). Empero, aunque hoy se cuenta con una variedad de ONG que apoyan a la comunidad LGBTQ+, la presencia del libre discurso no ha logrado acelerar la legislación de derechos a favor de la diversidad sexual y de género (López, 2017). Cabe mencionar que los grupos que encabezan este último tipo de conexiones políticas y de activismo son denominados MDS o Movimiento de Disidencia Sexual, definidos como: «Muchos y diversos movimientos sociales y políticos reivindicativos que convergen temporalmente en ciertos aspectos de su organización, fundamentalmente en lo que hace a su carácter de actores estigmatizados a causa de su identidad no heterosexual o su expresión de género no dominante, y a ciertos planteamientos relacionados con su participación en políticas públicas» (Hernández, 2017, p. 96).

Si bien las posturas de Hernández (2017) y López (2017) describen a un movimiento LGBTQ+ que se esfuerza por hacer valer sus derechos ante el contexto conservador mexicano de las décadas pasadas y que, además, tal comunidad suma a su lucha a personas seropositivas de identidad heterosexual y feministas, estos estudiosos no especifican cómo los grupos derechistas apoyaron a la promulgación de los derechos de la diversidad sexual y de género LGBTQ+. Parece contradictorio pero, a través de la investigación, se

ha recolectado evidencia de que no todos los grupos conservadores han estado en contra del colectivo queer y no todas las fuerzas progresistas se han promulgado a favor de esta comunidad (Corrales, 2015). Es decir, los movimientos de izquierda tienen una tendencia a superponer los derechos colectivos; quienes lideran este activismo sostienen ideas heteronormadas y durante la gestión de estos dirigentes no se prioriza la concientización social de la diversidad sexual y de género. En consecuencia, la comunidad LGBTQ+ ha adaptado su discurso al *framing* conservador, con el objetivo de contar con un mayor número de integrantes. Este fenómeno también sucede a la inversa, en el cual el grupo heteronormado acepta ciertas manifestaciones de la perspectiva de género. Por ejemplo, la religión cristiana (tómese en cuenta tanto católicos como protestantes), la cual es la más importante en Latinoamérica, también ha presentado matices respecto a la diversidad sexual. Así, mientras están presentes en su congregación un clero ortodoxo, también se encuentra una feligresía tolerante. En los años 70, incluso, surgieron posturas cristianas progresistas, como la teología de la liberación y las teologías feministas. Es conveniente mencionar que la comunidad creyente en la santería ha influido positivamente en términos de tolerancia hacia el colectivo LGBTQ+, ya que considera naturales las distintas orientaciones sexuales y la ambigüedad de género. Por el contrario, en los movimientos de izquierda se han hecho presentes negativas hacia la diversidad sexual debido a que ciertos líderes defienden una ideología heteronormativa, lo cual es antitético a su discurso de libertad e igualdad (Corrales, 2015).

Anteriormente se utilizó el término *framing* para definir el lenguaje que caracteriza a la izquierda o a la derecha al expresar sus ideologías. Mertus (2007) explicó el potencial de este esquema de interpretación de la siguiente forma: «*framing a cause in human rights terms can be an effective way of claiming the moral high ground and of asserting affinity with others throughout the world who seek to condemn human wrongs and promote human dignity*» (p. 1036). Es decir, la defensa de los derechos LGBTQ+ a nivel internacional ha sido efectiva para abrir paso a garantías de seguridad y salud pública. No obstante, no todas las personas pertenecientes a este gremio se identifican plenamente con la idea de ser gay o lesbiana, y evitan identificarse con alguna etiqueta. Esto se debe a que los nombres de las orientaciones sexuales e identidades de género sirven, casi únicamente, para la abogacía de los derechos de la diversidad sexual dentro del *framing* occidental, el cual requiere denominar los patrones ajenos a la heteronormatividad. A propósito, la dicotomía de la heterosexualidad y la homosexualidad tampoco es compartida por los grupos minoritarios, ya que la consideran como una imposición de la visión occidental.

Dicho esto, el *framing* que las y los abogados emplean lingüísticamente para exigir las garantías de la comunidad LGBTQ+ dista del que las minorías prefieren. Una solución

que Mertus (2007) propuso, implícitamente, es sustituir el término *derechos gay* o *derechos lésbicos* por *derechos sexuales*. Con este enfoque, se abarca el hecho de que «*gays and lesbians are different, but it also demands the end of state-condoned denial of their difference*» (p. 1064). Desafortunadamente, el término *derechos sexuales* no ha sido adoptado por el *framing* de los derechos humanos, posiblemente por la connotación de genitalidad y copulación de la palabra *sexual*. Es decir, emplear este vocablo se podría interpretar como pedir la autorización de realizar prácticas genitales prohibidas (como la zoofilia y la pedofilia), cuando, en realidad, es una demanda para agilizar la legalidad de las situaciones que engloban la diversidad de la identidad de género y la orientación sexual. Por ello, las campañas por los derechos sexuales suelen evitar alianzas con el colectivo LGBTQ+. Por ejemplo, una campaña por los derechos sexuales ha de defender el derecho de la persona adulta a contraer matrimonio con cualquier otro ciudadano mayor de edad, de forma consentida y sin tomar en cuenta su orientación sexual. Empero, si la misma demanda fuera realizada por un gremio de gays y lesbianas, es más probable que estos utilicen el término *derecho al matrimonio homosexual*, expresando claramente la identidad de género y la orientación sexual de quienes están involucrados (Mertus, 2007).

En este punto, cabe mencionar que Mertus (2007) y Corrales (2015) emplean en sus investigaciones ambos *framings*: aquél que busca derechos para la comunidad LGBTQ+ (occidental, internacional) y aquél que busca derechos sexuales. A diferencia de estos autores, el libro *Envisioning Global LGBT Human Rights* (Nicol *et al.*, 2018) no aplica ambos esquemas de interpretación en una misma sección, sino que los divide, siendo así que una sección discute desde la visión del movimiento *queer* y otra desde la jurisprudencia de la sexualidad. Es de suma importancia señalar que, aunque los encuadres visionarios sean distintos entre los grupos de la diversidad sexual, no significa que estos se encuentren enemistados. Al contrario, la alianza de estos es un fenómeno común. Hernández (2017) denomina a esta unión con las siglas MDS que engloban los grupos aliados que promueven los derechos reproductivos, los derechos de la mujer, el tratamiento para el VIH/sida, entre otros derechos humanos (Vance *et al.*, 2018).

Lakoff (2004) ha escrito sobre el esquema occidentalizado, ampliamente empleado por la izquierda, y afirma que ha servido para proveer de una identidad positiva a los liberales debido a que son considerados como promotores de la igualdad. Por ejemplo, el gremio izquierdista, en lugar de preguntar si se está de acuerdo con que un hombre contraiga matrimonio con una persona de su mismo sexo, cuestiona si el Estado tiene derecho a decidir con quién debe casarse un ciudadano. Así, se procura el discurso de equidad, sin dar lugar a una discusión moral. Los principios, pues, cambian de éticos a unánimes. Ahora bien, la declaración de los principios de la igualdad expone distintos tipos de discriminación, debido a que

el documento siempre apela a la equidad, evadiendo un debate sobre las creencias personales (Petrova, 2013). Por lo tanto, sea con el *framing* de la igualdad de derechos (Petrova, 2013) o con el *framing* de los derechos sexuales (Vance *et al.*, 2018), se puede apelar a los derechos para los MDS, aunque todavía no sea efectivo en varias partes del mundo debido a que la diversidad de las orientaciones sexuales e identidades de género son aún castigadas (Tabengwa, 2020).

Entonces, si la lucha por los derechos de la diversidad sexual no se entiende sin la red de apoyo generada entre MDS, ¿cómo llamar a los problemas que conciernen a la comunidad LGBTQ+, los cuales también se presentan en las demás comunidades del MDS? Una propuesta es la del término SOGI, que significa «*Sexual Orientation and Gender Identity*». Este vocablo se presenta dentro de un *framing* distinto al occidental, ya que lejos de poner en disputa los derechos del movimiento *queer*, se remite implícitamente a los derechos sexuales, sin la connotación de genitalidad. SOGI es considerado un conjunto de siglas inclusivo debido a que «*is relevant to all individuals regardless of where they identify on the sexual orientation or gender identity spectrums [...] It includes identities like lesbian, gay, bisexual, transgender, queer, two-spirit, heterosexual, cisgender, and more*» (SOGI Education, 2020). En suma, cuando se emplean las siglas SOGI, la identificación de la orientación sexual y la identidad de género evitan la dicotomía. Como resultado, el individuo puede identificarse a sí mismo más allá de los términos gay, bisexual, lesbiana, transgénero, *queer*, entre otros. No obstante, esta propuesta lingüística aún no forma parte del *framing* político mexicano y mucho menos de las producciones cinematográficas del país. Por ello, es importante recalcar que el discurso, la ideología y el *framing* de los contenidos cinematográficos, radiofónicos y televisivos son tema de estudio para las y los semiólogos, y su relevancia es vital para asegurar la justa representación de la lucha por los derechos de la comunidad LGBTQ+. De lo contrario, es poco probable que las y los productores tomen conciencia de los estereotipos que podrían estar propiciando en sus creaciones.

Materiales y métodos

La metodología de esta investigación se rigió bajo los modelos de análisis semióticos propuestos por Saussure, Peirce y Barthes. Para Ferdinand de Saussure, el elemento mínimo de la semiótica es el signo, el cual no puede ser disociado del significado y del significante. Por lo tanto, para Saussure, el signo tiene una identidad propia (Lara, 2001). Ahora bien, la semiótica de Pierce promueve la reflexión teórica. Para él, existen tres tipos de fenómenos: primarios, secundarios y terciarios. Además, considera que el razonamiento puede ser abductivo, inductivo o deductivo. En cuestión de signos, propone tres tipos por cada componente (representamen: cualisigno, sinsigno, legisigno; objeto: ícono, índice y símbolo; interpretante:

rema, dicente y argumento) (Brodén, 2014). Por su parte, Barthes introdujo el análisis estructural con el cual se identifica una unidad narrativa que está relacionada con la lingüística. Sin embargo, a diferencia de los otros autores, él propone niveles de sentido para posibilitar este estudio (Barthes, 1966).

El material analizado son los largometrajes *Pride* (Warchus, 2014) y *120 battements par minute* (Campillo, 2017). Estas películas fueron escogidas porque cumplieron con las siguientes características: fungen como modelo para las y los creadores cinematográficos en Occidente debido a que fueron ampliamente galardonadas, ambientan los relatos en momentos históricos reales durante los cuales los MDS se manifestaron vehementemente contra los aparatos ideológicos de la época y, como tercera particularidad, sus protagonistas se identifican como parte de la comunidad LGBTQ+.

Resultados/ Discusión de resultados

Los signos analizados son los siguientes: la marcha del orgullo, los clubs nocturnos, la apropiación del insulto y las convivencias de los movimientos de la disidencia sexual y la comunidad LGBTQ+.

En *Pride* (Warchus, 2014), la marcha del orgullo se presenta bajo una gran variedad de signos que se refieren al lenguaje (véase la escena 1 en el material de consulta). Primero, la palabra *queer*. Desde Saussure, este vocablo funciona como significante y su significado era *raro* o *maricón*. No obstante, para entender la resignificación, será necesario analizar esta palabra desde Charles Sanders Peirce. *Queer* es el representamen, el objeto es cualquier persona no heteronormada y el interpretante puede ser un individuo no heteronormado en específico, pero, en este caso, el interpretante es final porque se le ve funcionando al individuo con otra serie de individuos *queer* en una marcha del orgullo. Ahora bien, para la sociedad heteronormada, la palabra *queer* tiene una connotación negativa, mientras que para el movimiento LGBTQ+ es positiva. Es decir, el interpretante del individuo *queer* se convierte en un signo cuyo objeto e interpretante son positivos para la comunidad LGBTQ+, pero negativos para el grupo contrario. Este fenómeno de apropiarse de las palabras despectivas por parte de la comunidad LGBTQ+ es explicado por el resto de la frase que gritan en la marcha *better blatant than latent*, es decir, mejor visibles que invisibles (Warchus, 2014). Esta resignificación se puede entender desde el mito barthiano, donde se observa que el individuo *queer* tiene un concepto de valía y dignidad. Esto quiere decir que la significación es que el hombre y la mujer cuya identidad u orientación difiere de la heteronormatividad sí tiene valor, dignidad y derecho a expresarse libremente, independientemente de cuán molesta les sea a los demás su naturaleza.

Por su parte, la secuencia de la celebración del día del orgullo en la película *120 battements par minute* (Campillo, 2017) va acompañada de signos que están relacionados al lenguaje. En sus escenas, se observa una apropiación del insulto con las frases *Orgulloso de ser* y *Orgulloso de meter*. La primera frase es clara puesto que se refiere a que los miembros de *Act Up* (movimiento social que exigió a las farmacéuticas una cura para el VIH) están orgullosos de ser parte de la comunidad LGBTQ+. Sin embargo, la segunda frase, al utilizar la palabra *meter*, se refiere al sexo anal. Este MDS, pues, se declara orgulloso de realizar prácticas sexuales que van en contra de la heteronormatividad, incluso si eso implica infectarse de VIH. Ahora bien, como mito barthiano, esta frase, aunada a la escena de la discoteca, manifiesta que tener relaciones sexuales es un riesgo que, a pesar de que puede atraer el contagio de un virus mortal, merece la pena de ser vivido. Por último, el significante «bailar» (véase la escena 2) cambia de significado, ya que esta comunidad la considera como sinónimo del vocablo «vivir». De igual forma, el activismo es justificado por la frase «Acción = vivir» (Campillo, 2017).

El segundo signo analizado es el club nocturno. En *Pride* (Warchus, 2014) se hace presente un triángulo isósceles rosa (escena 3), el cual históricamente era utilizado para fichar a los homosexuales encerrados durante el holocausto (B. Waxman, 2018). Sin embargo, este representamen adquiere una connotación distinta en la película. Su objeto sigue siendo un triángulo rosa, pero su interpretante exige un contexto distinto, donde hay orgullo en utilizar un signo que era utilizado para discriminar. El siguiente signo resignificado es la palabra «breeder». Originalmente, este vocablo significa ganadero o criador de ganado. Sin embargo, el significante «breeder» adquiere el significado de «heterosexual». Es decir, el heterosexual (forma) es concebido como un ser cuyo trabajo no es otro más que el reproductivo, lo que permite entender el mito de que, para la comunidad LGBTQ+, los heterosexuales son individuos constreñidos a la reproducción, connotando que, por ello, su vida sexual puede comenzar a más temprana edad que la de los no heterosexuales. Por último, aparece el legisigno de un silbato amarillo usado por Jonathan mientras está travestido. Esta imagen permite reconocer que un hombre travestido tiene tanta autoridad como aquella de la policía.

En *120 battements par minute* (Campillo, 2017), el primer signo que toma importancia en los clubs nocturnos (escena 4) es la playera con la inscripción de *Act up*, la cual hace referencia al movimiento social que exigió, en su época, avances en la medicina para apoyar a la comunidad seropositiva. Este signo, al estar impreso en una prenda, indica una secundaridad. No obstante, al ser portado dentro de una discoteca por un hombre que besa a otro individuo masculino seropositivo, adquiere una terceridad, puesto que se encuentra fuera del contexto activista. Esto indica que, para los miembros de *Act Up*, su protesta está intrínsecamente relacionada con sus formas de diversión. Otro signo

que resalta es la cerveza con la palabra *bud*, traducida como *brote* (Campillo, 2017). La imagen de una bebida alcohólica alzada por un activista en una fiesta con la inscripción «brote» puede ser comprendida desde el mito barthiano. Por un lado, el activista que lleva en su mano el vaso de cerveza es el único que trae una. Por otro lado, todos los demás que lo rodean están alzando los brazos de la misma forma. Esto indica que, así como la cerveza es un estimulador dentro de una discoteca que comienza con una sola persona y se propaga, el brote de VIH también se extiende. Esta interpretación se sustenta en la siguiente imagen, donde las luces de la discoteca permiten ver una simulación de células blancas atacadas por un agente oscuro que se propaga una y otra vez. De hecho, si se toma el significado de la palabra *bailar* como *vivir*, tal como sucede en la marcha del orgullo en la escena 2, entonces la escena de la discoteca puede entenderse como una batalla por la vida.

El tercer signo interpretado es la apropiación del insulto. En el largometraje de *Pride* (Warchus, 2014), los insultos son constantemente resignificados. El significante *AIDS* en inglés normalmente tiene como significación *Acquired Immunodeficiency Syndrome*. Desde Saussure, se argumenta que este significante tiene un distinto significado para el interlocutor, puesto que él lo interpreta como *Anally Injected Death Sentence*. Sin embargo, para entender por qué lo interpreta de esta forma, es más eficiente verlo desde el punto de vista pierciano. Un inmunólogo, por ejemplo, cuando habla de *AIDS*, piensa en el signo *AIDS* como vocablo, su objeto puede ser la imagen personal que tenga sobre el virus invadiendo un cuerpo, pero su interpretante suele ser final: un paciente, como muchos otros pacientes, que ha sido infectado por el virus del VIH y su sistema inmunológico ha sido comprometido por ello. Sin embargo, el interpretante final del cuñado de Joe (escena 5) no es el mismo ya que interpreta *AIDS* como una sentencia de muerte provocada por practicar sexo anal. No obstante, el término sexo anal funciona como otro signo cuyo objeto es el acto fálico entre dos hombres. Su interpretante es dinámico, puesto que percibe el signo, pero solo en un entorno donde se practica el sexo anal, connotando que *AIDS* es un síndrome mortal exclusivo de los hombres que practican sexo con otros hombres y no con las parejas heterosexuales que practican sexo anal. De esta forma, la interpretación del vocablo *AIDS* por parte del personaje es una burla hacia la mortalidad del SIDA en la comunidad gay y bisexual.

El último signo analizado fue la convivencia de las MDS con las comunidades heteronormadas. Se estudió una escena en la cual un personaje homosexual de *Pride* (Warchus, 2014) está bailando efusivamente con las mujeres (escena 6). Se escucha música disco. Sube sobre la mesa y, al término de la canción, los hombres galeses heterosexuales se ponen de pie inmediatamente y se unen a la ovación de las mujeres. El índice de la música disco y el símbolo de un hombre gay que baila y que se impone ante el símbolo de

la cerveza permite instaurar un nuevo *rhema*: un hombre también puede bailar y da paso a la secundaridad, cuando Jonathan es ovacionado tanto por hombres como mujeres, a un dicisigno: un hombre sí puede bailar e incluso bailar bien. La terceridad de este fenómeno se observa cuando uno de los hombres de Gales defiende su interés en aprender a bailar, puesto que considera que no desea pasar el resto de las fiestas sentado y sin poder establecer una dinámica con las mujeres. Es en esa terceridad que el fenómeno de un hombre heterosexual bailando se convierte en argumento.

Conclusiones

Se concluye que la representación del activismo LGBTQ+ en los largometrajes anteriormente mencionados se encuentra en una etapa cognitiva y afectiva, exponiendo casos donde el involucramiento de un movimiento social en la sociedad impactó de manera significativa, permitiendo que el público heteronormado empatice con la lucha por la igualdad de derechos en la sociedad en general. No obstante, se observa que el sistema de signos utilizados en *Pride* (2014) dista de aquel que se hizo presente en *120 battements par minute* (2017). Es decir, los sistemas de signos con los cuales se representa el activismo LGBTQ+ en el cine occidental se encuentra polarizado, ya que mientras la obra de Warchus (2014) utiliza signos que permiten la reflexión de temáticas como perspectiva de género, ideología de género y expresión de género, *120 battements par minute* (Campillo, 2017) se limita a presentar signos que evidencian la discriminación que sufre el activista, bajo el estereotipo de ser libertino, drogadicto y promiscuo.

Es muy probable que esta polarización de signos esté próxima a manifestarse en la representación del activismo LGBTQ+ en los contenidos cinematográficos, debido a que las películas europeas suelen definir las líneas ideológicas de las producciones en los países de menor desarrollo económico, como lo es México. Entonces, para retratar justamente el activismo LGBTQ+, el cual ha sufrido discriminación en los medios de comunicación poblados, es importante impulsar el análisis semiótico de los cortometrajes y largometrajes que se generan en el estado de Puebla, puesto que el sistema de signos utilizado en esta región responde únicamente a esta población y, hasta ahora, no existen análisis semióticos que interpreten los sistemas de signos de las producciones de esta entidad federativa.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

- Análisis semióticos de los contenidos mediáticos, ya sean de ficción o documentales, que incluyan a personalidades de la comunidad LGBTQ+

- Reconocimiento e interpretación del sistema de signos con los que se caracteriza a la comunidad LGBTQ+
- Exploración de la incidencia del cine europeo respecto a las producciones cinematográficas de países tercermundistas

Agradecimientos

Primeramente, a mis padres, el Ing. Felipe Escamilla Luna y Reyna Isabel Tiburcio Martínez, por apoyarme incondicionalmente. Reconozco también la labor de la coordinación de la Facultad de Comunicación y Medios Digitales de mi alma máter, con especial reconocimiento a la Dra. Lourdes Mateos y a la Dra. Laura Flores y Tenorio, quienes fueron mis más grandes mentoras en la presente investigación.

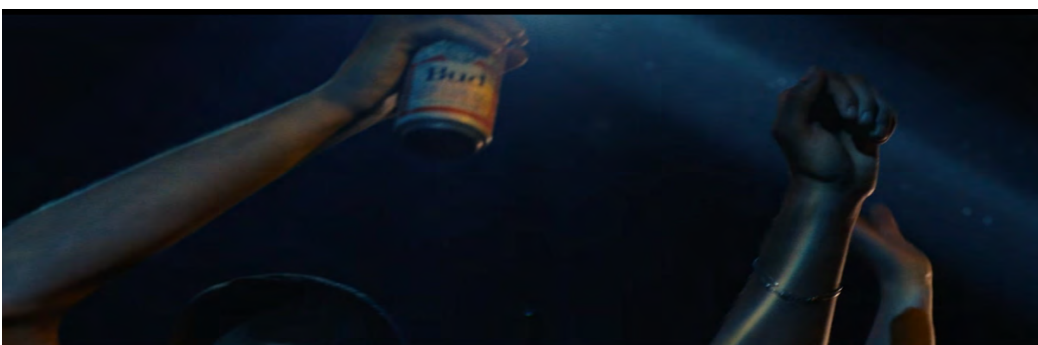
Referencias bibliográficas

- B. Waxman, O. (2018). How the Nazi Regime's Pink Triangle Symbol Was Repurposed for LGBTQ Pride. *Time*. Recuperado de <https://time.com/5295476/gay-pride-pink-triangle-history/> el 15 de marzo de 2023.
- Barthes, R. (1966). Introduction à l'analyse structurale des récits. *Recherches sémiologiques: l'analyse structurale du récit*, 1-27. doi: <https://doi.org/10.3406/comm.1966.1113>
- Brodén, T. (2014) La sémiotique greimassienne et la sémiotique peircienne: Visées, principes et théories du signe. *Estudos Semióticos. [on-line]*, 10(2), 1-16.
- Campillo, R. (2017) *120 battements par minute*. Les films de Pierre.
- Carmona, C. A. (2020). Cómo el movimiento LGBT define disputar en derechos de minorías. Enmarcamiento legal mediante difusión relacional. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 233-262.
- CONAPRED (2010). Locutor de radio se burla al aire de gays y lesbianas, luego se disculpa. Recuperado de https://www.conapred.org.mx/index.php?contenido=noticias&id=1159&id_opcion=412&op=448 el 25 de agosto de 2022.
- Corrales, J. (2015). The Politics of LGBT Rights in Latin America and the Caribbean: Research Agendas. *European Review of Latin American and Caribbean Studies*, 53-62.
- Ewing, H. (2020). *I carry you with me*. Black Bear Pictures, Loki Films, The Population, Zafiro Cinema.
- Hernández, H. M. (2017). Matrimonio igualitario en México: la pugna por el Estado laico y la igualdad de derechos. *Revista de la Realidad Mexicana*, 95-104.
- Lado B, 2011. Las voces detrás de los micrófonos de la radio en Puebla. Recuperado de <https://www.ladobe.com.mx/2011/08/las-vozes-detras-de-los-microfonos-de-la-radio/> el 23 de agosto de 2022.
- Lakoff, G. (2004). *Don't think of an elephant: know your values and frame the debate: the essential guide for progressives*. Canada: Chelsea Green Publishing.
- Lara, L. (2001). Postulados de la teoría semántica. In *Ensayos de teoría semántica: Lengua natural y lenguajes científicos* (pp. 17-34). México, D.F.: El Colegio de México. doi: [10.2307/j.ctv3f8p3x.4](https://doi.org/10.2307/j.ctv3f8p3x.4)
- López, J. A. (2017). Los derechos LGBT en México: Acción colectiva a nivel subnacional. *European Review of Latin American and Caribbean Studies / Revista Europea de*, 69-88.
- Mertus, J. (2007). The Rejection of Human Rights Framings: The Case of LGBT Advocacy in the US. *Human Rights Quarterly*, 1036-1064.
- Nicol, N., Jjuuko, A., Lusimbo, R., Mulé, N. J., Ursel, S., Wahab, A., & Waugh, P. (2018). *Envisioning Global LGBT Human Rights: Neo colonialism, Neoliberalism, Resistance and Hope*.
- Petrova, D. (2013). The use of equality and anti-discrimination law in advancing LGBT rights. En *Human Rights, Sexual Orientation and Gender Identity in The Commonwealth* (p. 477-504). University of London Press; Institute of Commonwealth Studies.
- SOGI Education. (2020). Consultado el 16 de noviembre de 2020. Obtenido de <https://bc.sogieducation.org/q-a#key-concepts-heading>
- Tabengwa, A. T. (2020). Expanded criminalisation of consensual same-sex relations in Africa: contextualising recent developments. En A. J. Nancy Nicol, *Envisioning Global LGBT Human Rights*. University of London Press.
- The Numbers, 2021. *I Carry You With Me* (2021). Recuperado de <https://www.the-numbers.com/movie/I-Carry-You-With-Me#tab=summary> el 23 de agosto de 2022.
- Vance, K., Mulé, N. J., Khan, M., & McKenzie, C. (2018). The rise of SOGI: human rights for LGBT people at the United Nations. En *Envisioning Global LGBT Human Rights*. University of London Press; Institute of Commonwealth Studies.
- Warchus, M. (2014). *Pride*. Pathe UK, Pathé & CBS Films.

Escena 1. Marcha del orgullo de 1984. *Pride* (Warchus, 2014)Escena 2. Act Up en la marcha del orgullo. *120 battements par minute* (Campillo, 2017)Escena 3. Fiesta nocturna en librería gay. *Pride* (Warchus, 2014)



Escena 4. Fiesta nocturna. *120 battements par minute* (Campillo, 2017). capítulo 3



Escena 5. *Pride* (Warchus, 2014)





Escena 6. El baile de Jonathan. *Pride* (Warchus, 2014)



*Ciencias de
Agricultura,
Agropecuarias,
Forestales
y de Ecosistemas*

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Uso de las hojas, frutos y semillas de *Ardisia Compressa* K. como bioadsorbentes para la eliminación de iones de plomo

^aHernández-Vargas Wendy Jaressy*, ^aVázquez- Sánchez Alma Yolanda y ^bAbatal Mohamed

^aUniversidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Puebla, Av. Universidad Tecnológica No. 1000, Col. Tierra Negra, C.P. 73080, Xicotepec de Juárez, Puebla, México.

^bUniversidad Autónoma de Ciudad del Carmen. C. 56 No. 4 Esq. Avenida Concordia Col. Benito Juárez C.P. 24180 Cd. del Carmen, Campeche, México.

*hernandezv.wendy@gmail.com

Resumen

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la capacidad de eliminación de iones de plomo (Pb^{2+}) de las hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K., mediante bioadsorción, utilizando técnicas de espectroscopía de adsorción atómica. Se evaluaron diferentes parámetros como el tiempo de contacto (5 min-24 h), pH (1-14), concentración inicial de adsorbato ($10-1000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), dosis del bioadsorbente ($0.1-0.5\text{ g}$), así como el efecto de la temperatura. Se demostró que la capacidad de bioadsorción de las hojas, frutos y semillas de *Ardisia compressa* K. era dependiente de todos los parámetros estudiados y que la cantidad de iones metálicos adsorbidos aumentó a medida que el radio de los cationes disminuyó. Los

estudios cinéticos demuestran que la adsorción máxima de Pb^{2+} se alcanzó dentro de los 60 minutos de contacto. El proceso de bioadsorción de los iones metálicos siguió un modelo bien definido de pseudo-segundo orden. Finalmente, con los resultados obtenidos, se determinó que las hojas de *Ardisia compressa* K. se convierten en un prometedor bioadsorbente para la eliminación de iones plomo mediante bioadsorción en soluciones acuosas en el rango de las variables estudiadas en esta investigación.

Palabras clave: *Ardisia compressa* K., Bioadsorción, Metales pesados

Abstract

In order to evaluate the removal capacity of lead ions (Pb^{2+}) from leaves, seeds and fruits of *Ardisia compressa* K., by bioadsorption using adsorption spectroscopy techniques the present investigation was carried out. Different parameters such as contact time (5 min-24 h), pH (1-14), initial adsorbate concentration ($10-1000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), bioadsorbent dosage ($0.1-0.5\text{ g}$), as well as the effect of temperature were evaluated. It was shown that the biosorption capacity from *Ardisia compressa* K. leaves, seeds and fruits was dependent of all the parameters studied and the amount of metal ions adsorbed by increased

as the cation radius decreased. Kinetic studies show that the maximum adsorption of Pb^{2+} was reached within 60 min of contact. The bioadsorption process of the metal ions followed a well-defined pseudo-second order model. Finally, the leaves of *Ardisia compressa* K. become a promising bioadsorbent for the removal of lead ions by bioadsorption in aqueous solutions in the range of the variables studied in this investigation.

Keywords: *Ardisia compressa* K., Bioadsorption, Heavy metals.

- g, gramos
- h, horas
- HCl, ácido clorhídrico
- L, litro
- M, concentración molar o molaridad
- mg, miligramos
- min, minutos
- mL, mililitros
- N, concentración normal o normalidad
- NaCl, cloruro de sodio
- pH, potencial de hidrógeno
- ppm, partes por millón
- rpm, revoluciones por minuto
- T, temperatura
- °C, grados Celcius
- µL, microlitros

Introducción

El sector agrícola de Puebla tiene un gran potencial, ya que cuenta con una amplia variedad de suelos, climas y regiones que permiten el desarrollo de importantes actividades de alto valor económico (García-Salazar, 2019). El suministro de agua es primordial para las actividades agrícolas, ya que el agua es uno de los recursos naturales más importantes en cuanto a su utilidad, por lo tanto, el mundo se preocupa por su disponibilidad, protección y preservación (Bouchard *et al.*, 2011; Chakravarty *et al.*, 2010). La rápida urbanización e industrialización libera enormes volúmenes de aguas residuales, que se utilizan cada vez más como un valioso recurso para el riego en la agricultura urbana y periurbana (Sharma *et al.*, 2006). Sin embargo, dichas aguas residuales están frecuentemente contaminadas con metales pesados, que provienen de la agricultura, la minería, la fundición, la galvanoplastia, la refinación de oro, gasolina, los explosivos y más (Coyago y Bonilla, 2016).

Particularmente, los iones de Pb^{2+} tienen una gran capacidad de bioacumularse en los cuerpos de agua, por lo que su concentración en plantas y animales se intensifica

a lo largo de la cadena trófica, generando así alteraciones sobre la calidad ambiental y la salud pública (Vizcaíno Mendoza y González Frago, 2017). Debido a su toxicidad, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha catalogado al plomo como uno de los 20 productos químicos más peligrosos para la salud humana, con un límite máximo permitido de 0.001 ppm en el agua potable (Lavado Meza, *et al.*, 2010). Por otro lado, un bioadsorbente tiene la capacidad adsorber iones metálicos en solución acuosa, y esta característica se usa bien para el tratamiento biológico y la recuperación de aguas residuales industriales contaminadas con metales pesados (Chojnacka y Mikulewicz, 2019). La búsqueda de materiales naturales que puedan ser utilizados como adsorbentes para eliminar diferentes tipos de contaminantes es un tema fundamental y de creciente interés debido a la importancia de minimizar o eliminar completamente las sustancias nocivas no deseadas de las aguas residuales (El-Ashtouky *et al.*, 2008).

En este sentido destaca *Ardisia compressa* K., arbusto que crece en las zonas tropicales de México y que es característico del municipio de Xicotepec de Juárez, en la Sierra Norte del estado de Puebla, donde recibe el nombre común de acáchul. Los frutos tienen una corta temporada de

cosecha, estando solo disponibles en los meses de primavera (Lascrain *et al.*, 2010; Martínez-Blanco *et al.*, 2019) y son frecuentemente utilizados para preparar alimentos artesanales como licores, paletas heladas, mermeladas y atoles. Sin embargo, las semillas presentes de los frutos y las hojas del arbusto no son aprovechadas. Dado que no existen estudios previos sobre el efecto de *Ardisia compressa* K. como bioadsorbente para la eliminación de iones de metales pesados, en el presente trabajo se evaluó su capacidad de adsorción y la eficiencia de remoción de iones de Pb^{2+} , a partir de la biomasa seca de las hojas, semillas y frutos, mediante la técnica de Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS por sus siglas en inglés) con el fin de generar una alternativa económica y sustentable para el tratamiento de efluentes contaminados con concentraciones de metales pesados en el orden de 100 a 1000 $mg \cdot L^{-1}$.

Materiales y métodos

Preparación de los bioadsorbentes

Las hojas de plantas adultas de *A. compressa* K. fueron recolectadas en el mes de enero de 2022. Los frutos fueron obtenidos previamente en temporada de cosecha y simultáneamente se despulparon manualmente. Los frutos, las hojas y las semillas fueron deshidratados a 60 °C, T = invariable; hasta eliminar el mayor porcentaje de agua, utilizando un deshidratador eléctrico (Hamilton Beach 32100). Los bioadsorbentes deshidratados se molieron utilizando una licuadora de uso rudo (Amzchef Ice Blender 1350W), se reservaron en contenedores de vidrio con tapa y se recubrieron con papel aluminio para su posterior análisis.

Solución madre de Pb^{2+}

Se preparó una solución madre de Pb^{2+} (1000 $mg \cdot L^{-1}$) disolviendo la cantidad de 1.369 g $PbCl_2$ (98 %, Aldrich) en un litro de agua desionizada, utilizando un matraz de aforación (KYMEX Kimble, 1000mL). Las concentraciones deseadas se prepararon a partir de la dilución de la solución madre. El pH fue ajustado y posteriormente medido utilizando un potenciómetro digital (pHep, Hanna instruments) para confirmar la acidez o basicidad de las soluciones.

Técnicas de caracterización del bioadsorbente

Isotermas

Para realizar el análisis de las isotermas, se mezcló $m = 0.1$ g de cada bioadsorbente con 10 mL de solución acuosa de Pb^{2+} con concentraciones iniciales conocidas (10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm y 1000 ppm) a partir de la solución madre Pb^{2+} (1000 $mg \cdot L^{-1}$) utilizando agua desionizada. Se

reservaron 10 mL de cada disolución preparada de Pb^{2+} y se realizaron diferentes diluciones. Las mezclas se agitaron en tubos para centrifuga durante 24 h en un agitador rotatorio (Scientific CVP-0228) a temperatura ambiente (28 °C). Al final del tiempo de equilibrio, las suspensiones se llevaron a una centrifuga (Centrifugant II, CRM Globe) a 3500 rpm durante 5 min, se tomaron alícuotas de 5 mL de cada mezcla y se analizaron utilizando espectroscopia de absorción atómica (AAS, Thermo Scientific ICE 3000 Series). La capacidad de adsorción q_e (mg/g) se calculó mediante la siguiente ecuación (Nghah *et al.*, 2005):

$$q_e = \left(\frac{C_0 - C_e}{m \cdot V} \right)$$

Cinética

Para la cinética de adsorción de Pb^{2+} , se realizó un experimento en modo discontinuo. Se mezclaron 0.1 g de cada bioadsorbente con 10 mL de una concentración de Pb^{2+} (100 $mg \cdot L^{-1}$). Las mezclas se colocaron en tubos de centrifuga y se agitaron en un agitador rotatorio durante diferentes intervalos de tiempo de contacto (24 h, 6 h, 2 h, 30 min, 5 min). Después de cada tiempo de contacto específico, los tubos se centrifugaron a 3500 rpm durante 5 min. Se tomaron alícuotas de 5 mL de cada mezcla, utilizando una micropipeta 100-1000 μL (Science Med), se reservaron en frascos ámbar y se realizaron diluciones bajo el factor de dilución 1/10 para las muestras y 1/20 para la referencia. La concentración de metales de plomo se determinó por AAS. La cantidad de iones metálicos adsorbidos por unidad de masa del adsorbente se evaluó usando la siguiente ecuación:

$$q_t = \left(\frac{C_0 - C_t}{m \cdot V} \right)$$

donde C_0 , ($mg \cdot L$) y C_t , ($mg \cdot L$) son la concentración inicial y final del metal en solución, respectivamente; V es el volumen de fase acuosa (L) y m es la masa de la muestra (g).

Efecto masa

Para estudiar el efecto de la dosis de las muestras en la eficiencia de eliminación de Pb^{2+} , se mezclaron 10 mL de la solución de Pb^{2+} con una concentración inicial de 100 mg/L en tubos de centrifuga, que contenían 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g, 0.4 g y 0.5 g de las muestras de hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K. Se llevaron a agitación constante durante 6 h. Al finalizar el tiempo de contacto, las mezclas se centrifugaron a 3500 rpm por 5 min. Los iones de Pb^{2+} se analizaron por AAS.

Efecto pH

Para estudiar el efecto del pH, se prepararon 250 mL de la solución de Pb^{2+} con una concentración inicial de 100 mg/L, y se dividieron equitativamente en 5 vasos de precipitados, donde se modificó el pH a cada uno hasta obtener los valores de 1.4, 2.4, 5, 5.8 y 11.1, respectivamente. Posteriormente, se pesó 0.1 g de cada muestra y se añadieron 10 mL de las soluciones previamente descritas en tubos para centrifuga, también se reservó una referencia de 10 mL en un frasco ámbar. Los tubos fueron llevados a agitación constante durante 12 h. Al finalizar el tiempo de contacto, las mezclas se centrifugaron a 3500 rpm por 5 min.

- Para pH 1.4, 2.4, y 5, se realizaron diluciones 1/10 para muestras y dilución 1/20 para la referencia.
- Para pH 5.8, se realizó una dilución 1/2 para las muestras y dilución 1/4 para la referencia.
- Para pH 11.1, se realizó una dilución 1/5 para las muestras y una dilución 1/14 para la referencia.

La concentración de metales de plomo se determinó utilizando AAS.

Efecto temperatura

Para evaluar el efecto de la variación de la temperatura durante el tiempo de contacto de los bioadsorbentes con el Pb^{2+} , se pesaron 0.3 g de cada bioadsorbente y se mezclaron con 30 mL de Pb^{2+} (100 mg·L⁻¹). Las mezclas se sometieron a 40 °C durante 6 h a agitación constante con ayuda de un agitador magnético en placa caliente (ANZESER, SH-2). Posteriormente, se repitió el proceso a T = 60 °C. Se tomaron alícuotas de 5 mL de cada mezcla, utilizando una micropipeta 100-1000 µL (Science Med), se reservaron en frascos ámbar y se realizaron diluciones bajo el factor de dilución 1/10 para las muestras y para la referencia. Los iones de Pb^{2+} se analizaron por AAS.

Punto de carga 0

Los valores de pH de los puntos de carga cero (pH_{pzc}) se determinaron para las muestras de las hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K. Para el análisis del punto de carga 0 de cada bioadsorbente, se preparó una solución de 300 mL de 0.1 M NaCl como electrolito de fondo a 6 diferentes valores de pH. Posteriormente, se agregaron 0.1 g del bioadsorbente a cada solución. Los experimentos se llevaron a agitación constante en un equipo de agitación orbital digital (KS 260 Basic). Transcurridas 48 h de contacto, las muestras se decantaron y se midió el pH en la fase líquida final. El pH_{pzc} fue determinado mediante la intersección de la gráfica de pH inicial (pH_i) contra pH final (pH_f) de la curva lineal $pH_i = pH_f$.

Deadsorción

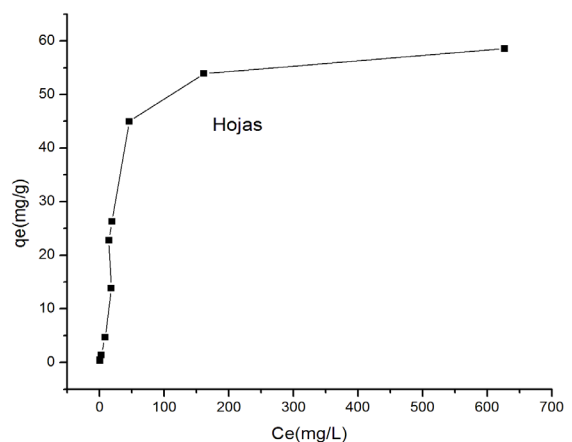
Se realizaron experimentos de deadsorción de Pb^{2+} para las hojas de *Ardisia compressa* K. Se pesaron 0.5 g de muestra y se agregaron a 50 mL de Pb^{2+} en una concentración de 500 mg/L. La mezcla se llevó a agitación constante en un equipo de agitación orbital digital (KS 260 Basic) durante 12 h. Después de la adsorción, el bioadsorbente se filtró, se pesó y se puso en contacto con 50 mL de 0.1N HCl, durante 2 h. Luego, el sólido se separó por decantación y se lavó varias veces con agua desionizada para eliminar cualquier exceso de HCl antes de ser utilizado en un nuevo ciclo de adsorción/deadsorción. Se tomó una alícuota de 5 mL y realizó una dilución 1/10 para la muestra y una dilución 1/100 para la referencia. La concentración de Pb en las soluciones restantes después de la adsorción y desorción fue determinada por AAS.

Resultados/ Discusión de resultados

Isotermas

El estudio de las isotermas de adsorción permite identificar la naturaleza de la correlación entre los iones del metal y el bioadsorbente. Las Figuras 1-3 indican las concentraciones simultáneas del efecto del plomo y la actividad de bioadsorción (q_e mg·g⁻¹), y su concentración en la solución (C_e , mg·L⁻¹) de las hojas, frutos y semillas de *Ardisia compressa* K., respectivamente, al finalizar el tiempo de contacto y el efecto de bioadsorción. Es posible observar que la adsorción de Pb^{2+} incrementa con la cantidad inicial del mismo metal (mg·L⁻¹). La capacidad de adsorción de Pb^{2+} de las hojas de *Ardisia compressa* K. va desde los 55 mg/g con 200 mg·L⁻¹ para llegar al equilibrio de adsorción.

Figura 1. Isotermas de adsorción de las hojas de *Ardisia compressa* K



Por su parte, la capacidad de adsorción de Pb^{2+} de los frutos va desde los 45 mg/g con $250\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figura 2), y desde los 35 mg/g con $150\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para las semillas (Figura 3) para llegar al equilibrio de adsorción.

Figura 2. Isotermas de adsorción de los frutos de *Ardisia compressa* K

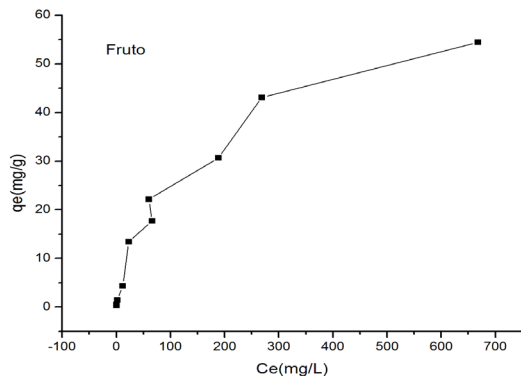
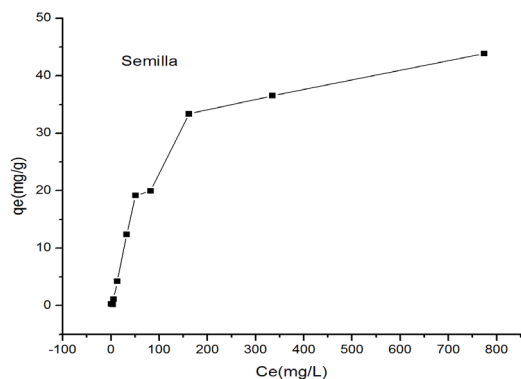


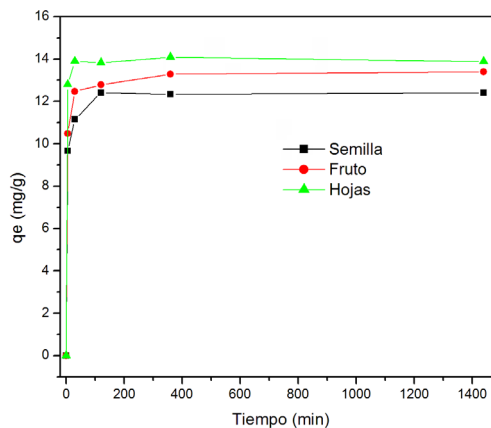
Figura 3. Isotermas de adsorción de las semillas de *Ardisia compressa* K



Cinética

Se muestra en la Figura 4 que a medida que incrementa el tiempo de contacto aumenta la adsorción de plomo; el tiempo de equilibrio (teq) se alcanzó dentro de los 120 min. Asimismo, se observa que la mayor adsorción de Pb^{2+} ha sucedido en los 30 min de contacto y se estima una reducción de la concentración a partir de los siguientes minutos, donde se alcanza un valor constante a partir del cual no se elimina más sorbato de la solución.

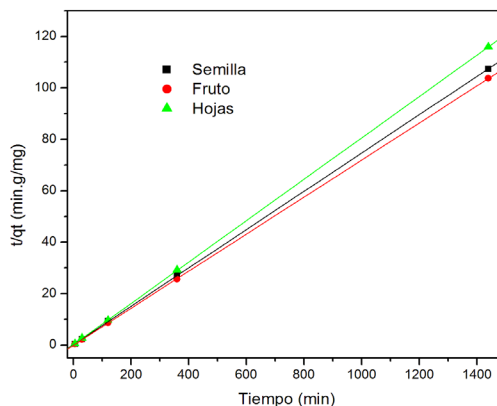
Figura 4. Cinética de adsorción de las semillas, frutos y hojas de *Ardisia compressa* K



Modelo de segundo orden

Con base en el modelo cinético de segundo orden, se observa la recta de la isoterma de adsorción donde se ajusta a los distintos tiempos de contacto (5, 30, 120, 360 y 1440 min) de las semillas, frutos y hojas de *Ardisia compressa* K., en unidades de logaritmo de la concentración del metal retenido por gramo de ADK respecto a la concentración final de Pb^{2+} después del tratamiento.

Figura 5. Modelo de segundo orden para las semillas, frutos y hojas de *Ardisia compressa* K

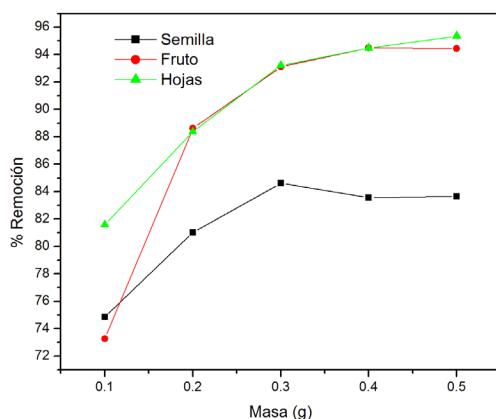


Efecto masa

En la Figura 6, se muestran los resultados obtenidos para la aplicación en diferentes dosis (0.1 – 0.5 g) de las hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K. para la adsorción del plomo en un tiempo de contacto de 6 h, a una concentración inicial de Pb^{2+} $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Se observa que el porcentaje

mayor de adsorción se logra con dosis de 0.5 g para las hojas, llegando a un 96 % de remoción, a comparación de los frutos en la dosis 0.4 g y semillas con la dosis de 0.3 g, que obtienen 95 % y 85 %, respectivamente. Asimismo, se demuestra que a medida que aumenta la dosis de bioadsorbentes incrementa la adsorción de plomo (II).

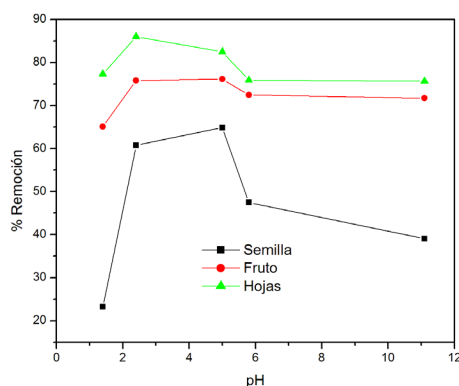
Figura 6. Efecto de la cantidad de masa de las semillas, frutos y hojas de *Ardisia compressa* K. en la bioadsorción de Pb^{2+}



Efecto pH

En la experimentación se ha demostrado la sensibilidad al pH como un parámetro que afecta la bioadsorción de iones en solución. Dentro del rango de pH de 1.9 a 5.1, la capacidad de biosorción de plomo se incrementa rápidamente. A valores de pH mayor a 5.5, la capacidad de adsorción no es muy efectiva (Figura 7). Los grupos funcionales presentes en la superficie de los bioadsorbentes están sujetos al efecto del pH debido a la competencia con iones intercambiables (Pb^{2+}) por los centros activos ionizables.

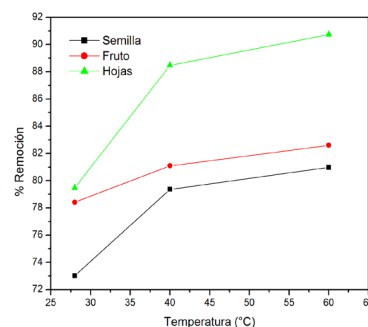
Figura 7. Efecto del pH en la capacidad de adsorción de Pb^{2+} de las semillas, frutos y hojas de *Ardisia compressa* K



Efecto temperatura (T)

Se evaluó el efecto de la adsorción de Pb^{2+} , la cual demostró un efecto positivo con el aumento de la misma. En esta instancia, la eliminación óptima se obtuvo a partir de los 40 °C con un 79 %, 81 % y 89 % de adsorción para las semillas, frutos y hojas, respectivamente. En consecuencia, el aumento en la cantidad de Pb^{2+} adsorbido con el aumento de T es ocasionado por un mayor incremento iónico que interviene en la solución.

Figura 8. Efecto de la temperatura en la capacidad de adsorción de Pb^{2+} de las semillas, frutos y hojas de *Ardisia compressa* K



Punto de carga 0 (pH_{PZC})

El pH_{PZC} se registró a pH = 4.1 ± 0.01 para las hojas. El pH_{PZC} se registró a pH = 3.0 ± 0.01 y pH 3.1 ± 0.01 para las semillas y frutos, respectivamente. La superficie de las hojas, semillas y frutos de *A. compressa* K. está cargada negativamente, lo que podría promover la atracción de cationes. Por lo tanto, es plausible que un rango ligeramente ácido sea favorable para la retención de iones de Pb^{2+} .

Ciclo de deadsorción

Se evaluó la capacidad de deadsorción de los iones de Pb^{2+} de las hojas de *Ardisia compressa* K. Los resultados del proceso descritos en la Tabla 1 demuestran que el bioadsorbente constituye una alternativa sustentable, tanto para el proceso de eliminación de los iones de Pb^{2+} como para su almacenamiento y desactivación en un primer ciclo. Es necesario realizar más pruebas para comprobar la eliminación total del sorbato.

Tabla 1. Primer ciclo de deadsorción de Pb de las hojas de *A. compressa* K

Muestra	cc (mg/L)	F.D
Hoja + Pb	2.6565	1/10
Hoja + HCl	13.8524	1/10
Referencia	2.3916	1/200

Los adsorbentes no convencionales son materiales sustitutos (agentes formadores de biopelículas o partes de plantas), los cuales no requieren un tratamiento previo para activarse; sin embargo, su activación mejora su capacidad de adsorción (Valladares-Cisneros *et al.*, 2017). Las estructuras químicas de los tejidos vegetales (tallos, hojas, corteza, semillas, raíces, etc.) contienen cavidades y vacíos que pueden atrapar desde partículas tan pequeñas como metales hasta partículas complejas como colorantes (Pathak *et al.*, 2016).

La naturaleza química de estas estructuras poliméricas permite interacciones favorables entre los pares de electrones libres de las especies (adsorbente y adsorbente), por lo que los materiales naturales resultan sumamente atractivos para remover estos contaminantes del agua (Nethaji *et al.*, 2013). Cabe señalar que la naturaleza y las propiedades superficiales de los materiales utilizados como bioadsorbentes dependen de varios aspectos, tales como: (a) procedencia o tipo de fuente; (b) temporada de adquisición o cosecha; (c) estado de la fuente (maduración); (d) calidad, y (e) tratamiento previo que se haga o no al material (Joaquín-Cruz *et al.*, 2015; Lascurain *et al.*, 2010; Martínez-Blanco *et al.*, 2019; Valladares-Cisneros *et al.*, 2017; Vázquez-Sánchez *et al.*, 2019)

Conclusiones

El estudio realizado permite apreciar la capacidad de bioadsorción de las hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K. para soluciones acuosas de Pb^{2+} . El análisis de cinética demuestra que el tiempo necesario respecto al equilibrio de adsorción de Pb^{2+} para *Ardisia compressa* K. es de 60 min. La evaluación del equilibrio para la remoción de plomo de las hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K. presenta altos porcentajes de remoción de este metal en la medida que se aumenta la temperatura, alcanzando el equilibrio del proceso a una temperatura de 40 °C, mientras que la diferencia a los 60 °C no es significativa. Para evaluar más a fondo la correlación entre las características del adsorbato y el grado de la adsorción de las hojas, semillas y frutos de *Ardisia compressa* K., deben estudiarse más metales pesados. Finalmente, las hojas de *Ardisia compressa* K. se convierten en un prometedor bioadsorbente para la eliminación de iones plomo mediante bioadsorción en soluciones acuosas en el rango de las variables estudiadas en esta investigación. Por lo anterior, *Ardisia compressa* K. representaría una

gran oportunidad como generadora de nuevos empleos en el sector agropecuario poblano, ya que su reproducción es sencilla y el método de obtención de la materia prima no representa mayor complejidad. Es fácil de reproducir en los alrededores de las zonas cafetaleras por la similitud en necesidades biológicas de ambas especies.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Es oportuno realizar un estudio que integre los resultados obtenidos en este trabajo, brindando métodos o sistemas para el tratamiento de los sedimentos formados, ya que en este caso el plomo es transferido del medio acuoso al ambiente. De igual manera, se debe analizar la capacidad de *Ardisia compressa* K. como bioadsorbente de otros metales. Mediante los análisis realizados se considera oportuno realizar una extracción de los compuestos fenólicos correspondientes a *Ardisia compressa* K. para un análisis más preciso y eficiente en cuanto a la valoración de su capacidad de bioadsorción de metales pesados. Se considera conveniente realizar ensayos para evaluar la capacidad de reutilización de las hojas de *Ardisia compressa* K. y su rendimiento en un segundo ciclo de bioadsorción, con el propósito de reutilizar la biomasa y conocer la rentabilidad real del proyecto. Por otra parte, es viable realizar un estudio de la capacidad de adsorción de *Ardisia compressa* K. para la eliminación de iones de Pb^{2+} y otros metales en la sangre, con el fin de contrarrestar diversos problemas en la salud humana.

Referencias Bibliográficas

- Bouchard, M. F., Sauvé, S., Barbeau, B., Legrand, M., Brodeur, M.-È., Bouffard, T., Limoges, E., Bellinger, D. C., & Mergler, D. (2011). Intellectual Impairment in School- Age Children Exposed to Manganese from Drinking Water. *Environmental Health Perspectives*, 119(1), 138-143. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002321>
- Chakravarty, S., Mohanty, A., Sudha, T. N., Upadhyay, A. K., Konar, J., Sircar, J. K., Madhukar, A., & Gupta, K. K. (2010). Removal of Pb(II) ions from aqueous solution by adsorption using bael leaves (*Aegle marmelos*). *Journal of Hazardous Materials*, 173(1-3), 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.113>
- Chojnacka, K., & Mikulewicz, M. (2019). Green analytical methods of metals determination in biosorption studies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 116, 254- 265. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.02.013>
- Coyago, E., & Bonilla, S. (2016). Adsorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida* 23(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.04>
- El-Ashtouky, E.-S. Z., Amin, N. K., & Abdelwahab, O. (2008). Removal of lead (II) and copper (II) from aqueous solution using pomegranate peel as a new adsorbent. *Desalination*, 223(1-3), 162-173. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.206>

- García-Salazar, E. M. (2019). El agua residual como generadora del espacio de la actividad agrícola en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54). <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.741>
- Joaquín-Cruz, E., Dueñas, M., García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., Santos-Buelga, C., & García-Salinas, C. (2015). Anthocyanin and phenolic characterization, chemical composition and antioxidant activity of chagalapoli (*Ardisia compressa* K.) fruit: A tropical source of natural pigments. *Food Research International*, 70, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.033>
- Lascurain, M., Amo R., S. del, & Lascurain, M. (Eds.). (2010). *Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz* (Primera edición). Fondo CONACYT CONAFOR : Instituto de Ecología A.C., INECOL.
- Lavado Meza, C., Sun Kou, M. D., & Bendeziú, S. (2010). Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H_3PO_4 . *Revista de la Sociedad Química de Perú.*, 76(2), 165-178.
- Martínez-Blanco, A., Almeraya-Quintero, S. X., Guajardo-Hernández, L. G., Pérez-Hernández, L. M., & Regalado-López, J. (2019). La utilidad de *Ardisia compressa* Kunth en parcelas cafetaleras. *Agro Productividad*, 12(9). <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1468>
- Nethaji, S., Sivasamy, A., & Mandal, A. B. (2013). Adsorption isotherms, kinetics and mechanism for the adsorption of cationic and anionic dyes onto carbonaceous particles prepared from Juglans regia shell biomass. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(2), 231-242. <https://doi.org/10.1007/s13762-012-0112-0>
- Pathak, P. D., Mandavgane, S. A., & Kulkarni, B. D. (2016). Characterizing Fruit and Vegetable Peels as Bioadsorbents. *Current Science*, 110(11), 2114. <https://doi.org/10.18520/cs/v110/i11/2114-2123>
- Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. (2006). Heavy Metal Contamination in Vegetables Grown in Wastewater Irrigated Areas of Varanasi, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77(2), 312-318. <https://doi.org/10.1007/s00128-006-1065-0>
- Valladares-Cisneros, M. G., Valerio Cárdenas, C., Universidad Popular de la Chontalpa, de la Cruz Burelo, P., Universidad Popular de la Chontalpa, Melgoza Alemán, R. M., & Universidad Autónoma del Estado de Morelos. (2017). Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 55-73. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a3>
- Vázquez-Sánchez, A. Y., Aguilar-Zárate, P., Muñoz-Márquez, D. B., Wong-Paz, J. E., Rojas, R., Ascacio-Valdés, J. A., & Martínez-Ávila, G. C. G. (2019). Effect of ultrasound treatment on the extraction of antioxidants from *Ardisia compressa* Kunth fruits and identification of phytochemicals by HPLC-ESI-MS. *Heliyon*, 5(12), e03058. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03058>
- Vizcaíno Mendoza, L. & González Fragozo, H., Instituto Nacional de Formación Técnico profesional. (2017). Adsorción de plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de *Eichhornia crassipes*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.400>

Desarrollo de empaques funcionales a base de suero de leche fermentado, camote morado y papa

^aMacias González Jose Antonio*, ^aHernández Carranza Paola y ^aOchoa Velasco Carlos Enrique

^aFacultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Av. San Claudio y 18 Sur, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México.

*maciasg.antonio@gmail.com

Resumen

La industria alimentaria está en proceso de investigación de materiales para elaborar empaques comestibles que contribuya a prolongar la vida en anaquel de los alimentos, contribuya a la salud de las personas y generen una menor fuente de contaminación. El objetivo de este trabajo fue formular películas comestibles y funcionales, basadas en el uso de suero de leche, bacterias ácido-lácticas (BAL), camote morado y almidón de papa. Se evaluaron compuestos antioxidantes, viabilidad de las BAL, microorganismos indicadores y contenido de proteína. Se observó que las BAL se mantienen viables después de la formulación y formación de la película, con una población de 9.49-9.91 ciclos logarítmicos, manteniéndose viables después de 28 días almacenadas

a 4 y 22 °C. Las películas adicionadas con BAL no presentaron crecimiento de microorganismos indicadores. La proteína fue ligeramente superior en las películas formuladas con camote, mientras los compuestos antioxidantes incrementaron significativamente ($p < 0.05$) en las películas con camote, debido al contenido de antocianinas. Después de 28 días de almacenamiento, se observó que los compuestos fenólicos en películas adicionadas con BAL y camote incrementaron de 104-119 mg EAG/g, indicando que la estabilidad de ingredientes funcionales en la película no se afectó durante el almacenamiento.

Palabras clave: Alimentos funcionales, Empaques funcionales, Películas comestibles, Camote morado.

Abstract

The food industry is in the process of researching materials to elaborate edible packaging that contributes to prolong the shelf-life of food, contributes to people's health and generates a lower source of contamination. The objective of this work was to formulate edible and functional films, based on the use of milk whey, lactic acid bacteria (LAB), sweet potato, and potato starch. Antioxidants compounds, LAB viability, indicator microorganisms, and protein content were evaluated. The LAB remained viable after the formulation and formation of the film, with a population of 9.49 to 9.91 logarithmic cycles, remaining viable after 28 days stored at 4 and 22 °C. The films added with LAB did not show

growth of indicator microorganisms. Protein was slightly higher in sweet potato films, while antioxidant compounds increased significantly ($p < 0.05$) in sweet potato films, due to the content of anthocyanins. After 28 days of storage, it was observed that the phenolic compounds of films added with LAB and sweet potato increased from 104-119 mg GAE/g, indicating that the stability of functional ingredients in the film was not affected during storage.

Keywords: Functional foods, Functional packaging, Edible films, Sweet potato.

- mg EAG, miligramos equivalentes de ácido gálico
- BAL, bacterias ácido-lácticas
- MRS, agar man rogosa y sharpe
- BMA, bacterias mesofílicas aeróbicas
- MyL, mohos y levaduras
- DPPH, radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo

Introducción

El envasado es probablemente el método más importante para la conservación de los alimentos debido a que protege y conserva al producto, al tiempo que permite la comercialización y distribución del mismo [1], además cumple con la protección contra los efectos ambientales, físicos y evita el crecimiento de microorganismos [2]. Específicamente los materiales poliméricos plásticos se utilizan ampliamente para el embalaje, debido a su flexibilidad para moldear y buena resistencia frente a diferentes factores ambientales y mecánicos. Sin embargo, estos suponen una carga para el medio ambiente, ya que toman años en degradarse [3], por lo que las normas de conservación del medio ambiente han restringido fuertemente, ya que no son completamente reciclables o biodegradables [1].

En los últimos años, las investigaciones se han enfocado en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles, debido a factores como: la demanda de los consumidores por alimentos de alta calidad, necesidad de nuevas técnicas de almacenamiento para la industria alimentaria y conceptos ambientales sobre la disposición de materiales

renovables [4]. Las películas o recubrimientos comestibles (empaques comestibles) se definen como materiales destinados a ser aplicados (envoltura o recubrimiento) a los alimentos con el fin de prolongar la vida útil y que pueden consumirse junto con el alimento [2]. Estos pueden usarse no solo por su efecto protector, sino también como portadores de sustancias bioactivas. Algunos ejemplos de moléculas bioactivas son: compuestos antimicrobianos y probióticos. La definición de microorganismo probiótico lo subraya como microorganismo viable, único o mixto, cultivo de bacterias o levaduras que tienen un impacto benéfico en la salud animal o humana cuando se ingieren en cantidades adecuadas [2]. Los probióticos ayudan a prevenir y tratar la diarrea, la colitis ulcerosa, el síndrome de colon irritable, alergias, obesidad y diabetes. Para beneficiarse del consumo de probióticos se recomienda una dosis de 10^6 células viables al día [5].

En muchos productos, alcanzar esta dosis es un desafío debido a la alta sensibilidad de los probióticos a las condiciones de proceso y factores ambientales. La supervivencia de los probióticos depende de la cepa, las características de los alimentos, tecnologías de procesamiento, condiciones de almacenamiento y tiempo [2].

Los materiales utilizados para hacer biodegradables los envases pueden ser polímeros de origen natural (almidón, gelatina, colágeno, quitosano, celulosa, pectina y ceras). El almidón, el principal polisacárido utilizado para almacenar energía en el reino de las plantas, es abundante en la naturaleza y fácilmente disponible como un producto comercial, se obtienen principalmente de maíz, papa, arroz, trigo y yuca; además, es ampliamente utilizado en el envasado de alimentos debido a su bajo costo y buenas propiedades formadoras de película [6].

De los pocos artículos referentes a la utilización del camote morado se encontró que, en México el camote es cultivado en 20 estados, destacando por superficie sembrada Michoacán (1,643 ha), Veracruz (398 ha), Guanajuato, (363 ha), Puebla (233 ha) y Chihuahua (169 ha). Puebla se posiciona en el cuarto lugar de superficie cultivada, siendo el camote un cultivo de importancia económica con una producción de 2 994.9 toneladas [7]. Para la dieta humana el camote aporta gran cantidad de energía. Los azúcares se presentan en una concentración de 5.1-14.0 %, fibras 2.2-5.4 % y proteínas 4.9 %; presentando también un alto contenido en almidón, entre 60-70 %, facilitando ser digerible [7]. En cuanto a la papa, el estado de Puebla se encuentra entre los cinco principales productores a nivel nacional, en 2021 se sembraron 3 948.50 (ha) y se cosecharon 3 948.50 (ha) [8].

Por esta razón, este proyecto representaría una vía de aprovechamiento de los cultivos de camote y papa, pues como se mencionó anteriormente, Puebla es uno de los mayores estados en superficies cultivadas y cosechadas, por lo que es la vía para que la agricultura de estos tubérculos sea mayormente aprovechada por y para el estado de Puebla. Además, se busca que se pueda incluir económica y socialmente a un grupo de la población, en este caso la inclusión de la industria agrícola en la industria alimenticia al usar estos productos, es decir, incluir a los productores significa una activación económica, pues al realizar este proyecto y utilizar los productos del estado generaría que los agricultores aumenten la producción de estos alimentos.

Es importante que estos dos tubérculos no solo abastezcan al área gastronómica, sino que se tenga una visión más tecnológica, aprovechándose todos los componentes que poseen, para desarrollar y contribuir en el área de las películas comestibles, aportando en el desarrollo de materiales que no contaminen y que beneficien a la salud de la población.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue formular películas comestibles funcionales a base de almidón de papa o camote morado, suero de leche y el probiótico *Lactobacillus rhamnosus*, y evaluar su estabilidad microbiana y compuestos antioxidantes durante 28 días de almacenamiento.

Materiales y métodos

Recuperación de *Lactobacillus rhamnosus*

Se preparó y esterilizó caldo MRS, mismo que se inoculó con *L. rhamnosus*, se incubó a 37 °C por 24 h. Por otro lado, se preparó suero de leche en polvo (10 %), y se pasteurizó a 65 °C durante 30 min. Posteriormente, se inoculó con el microorganismo previamente crecido (1 %), incubando el suero a 37 °C por 24 h.

Formulación de soluciones formadoras de películas

Se realizaron 4 sistemas:

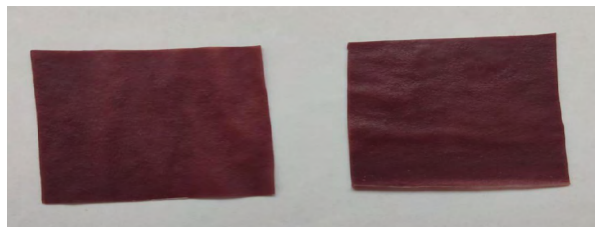
- Suero de leche fermentado y camote morado
- Suero de leche sin fermentar y camote morado
- Suero de leche fermentado con almidón de papa
- Suero de leche sin fermentar con almidón de papa

Para la formación de las películas, se colocó una solución de agua y camote o almidón de papa al 10 % en agitación y calentamiento, además, se le agregó glicerina al 4 %. Cuando alcanzaron una temperatura de 70 °C (gelificación del almidón), se dejó enfriar y se combinó con suero de leche fermentado y sin fermentar en cantidades iguales. Finalmente, las soluciones fueron colocadas en un deshidratador a 40 °C hasta la formación de la película (aproximadamente 5 h). La Figura 1 y 2 muestran las películas obtenidas.

Figura 1. Películas con almidón de papa



Figura 2. Películas con camote morado



Recuento de bacterias ácido-lácticas

Para esta determinación se realizó la dilución de 1 g de película en 9 mL de agua peptonada, posteriormente se realizaron diluciones y se utilizó la siembra de vertido en placa con agar MRS de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994.

Recuento de microorganismos indicadores (microorganismos mesófilos aeróbicos y mohos y levaduras)

Para este recuento se realizó la dilución de 1 g de película en 9 mL de agua peptonada y se sembró por vertido en placa en agar nutritivo para bacterias mesófilas aeróbicas (BMA) y agar papa dextrosa para mohos y levaduras (MyL). Las BMA se incubaron a 37 °C durante 24 h y los MyL se incubaron a 25 °C durante 72 h.

Determinación de compuestos funcionales

Se realizó una extracción para la cuantificación de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas. Se colocó en matraces cubiertos 3 g de película en 30 mL de metanol y se mantuvo con agitación magnética constante por 16 h, posterior a esto se filtró el extracto obtenido.

Determinación de compuestos fenólicos

Esta prueba se realizó mediante espectrofotometría, se agregó 1 mL de muestra (dependiendo dilución) y 1 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (0.1 M) y después de 3 min se neutralizó la reacción con 1 mL de carbonato de sodio (0.05 %). Se leyó la absorbancia de la muestra a 765 nm en un espectrofotómetro Jenway UV-Vis.

Determinación de antocianinas

Esta cuantificación se realizó por pH diferencial. A 5 mL del extracto de película se le midió el pH, se agregó la cantidad necesaria de amortiguador de acetato para bajar el pH de la muestra a 4.5 y se leyó la absorbancia a 520 y 700 nm en un espectrofotómetro. Posteriormente, se agregó la cantidad necesaria de amortiguador de ácido clorhídrico para bajar el pH de la muestra a 1 y se leyó la absorbancia a 520 y 700 nm en un espectrofotómetro.

Determinación de capacidad antioxidante

Se determinó la capacidad antioxidante por el método del DPPH. Se utilizó 1 mL del extracto, se adicionó 1 mL de solución de DPPH (0.004 %), se dejó reposar y se leyó la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro.

Determinación de proteína

Esta cuantificación se realizó mediante el método Kjeldahl. Se utilizó como indicador rojo de metilo y se utilizó como factor de proteína 6.25.

Almacenamiento

Las películas fueron almacenadas a temperatura ambiente (22 °C) y refrigeración (4 °C), se realizó el recuento de BAL, antioxidantes y proteína cada 7 d durante 28 d.

Resultados/ Discusión de resultados

En las Figuras 3 y 4 se presentan los valores obtenidos del crecimiento de las BAL desde el día 0 hasta el día 28 de almacenamiento a 4 °C (refrigeración) y 22 °C (temperatura ambiente). Se obtuvo un crecimiento en películas de camote de 9.49 ciclos logarítmicos y de 9.91 ciclos logarítmicos en papa. No existe diferencia significativa ($p > 0.05$), lo que indica que el suero de leche es un buen medio de cultivo para este tipo de microorganismos, pues representa la fuente de nitrógeno adecuada para el crecimiento de BAL; además, el camote morado y el almidón de papa son nutrientes que brindan una fuente de carbono, así como protección y estabilidad después del proceso de secado de las películas.

Como se observa en la Figura 3, durante el almacenamiento en refrigeración, las películas elaboradas con camote se presenta una mayor población de BAL con un valor de 9.52 ciclos logarítmicos, mientras que las películas elaboradas con almidón de papa presentaron 9.01, un valor ligeramente menor. En la Figura 4 (almacenamiento a temperatura ambiente), se observa disminución de 1 ciclo logarítmico al término de los 28 días con 8.73 (película de camote) y 8.2 (película de papa) ciclos logarítmicos. Es importante recalcar que para que un alimento pueda ser considerado funcional con respecto a su recuento de probióticos, debe contener al menos una población de 6 ciclos logarítmicos, por lo que ambas películas cumplen con dicho criterio [5].

Dentro del contexto del análisis microbiológico de las películas, se hizo el recuento de microorganismos indicadores y se observó que en las películas que en su formulación tenían BAL no existió crecimiento de microorganismos mesófilos aeróbicos o de mohos y levaduras tras 28 días de almacenamiento. Sin embargo, las películas que no tenían suero fermentado en el día 0 presentaron los siguientes recuentos: las películas elaboradas con papa presentaron un crecimiento: <1 ciclo logarítmico de BMA y las formuladas con camote presentaron 3.81 ciclos logarítmicos, mientras que los MyL crecieron 2.5 ciclos logarítmicos en ambas películas. Tras 28 días de almacenamiento en las películas con almidón de papa se presentó un crecimiento de BMA de 6.65 ciclos logarítmicos a 4 °C y 5.54 ciclos logarítmicos a 22 °C, mientras que de MyL no existió

crecimiento. Las películas elaboradas con camote presentaron crecimiento de BMA de 3.92 ciclos logarítmicos y MyL de 1.81 ciclos logarítmicos a 4 °C y 3.39 ciclos logarítmicos para BMA y <1 ciclo logarítmico para MyL a 22 °C.

Por otro lado, respecto a los compuestos antioxidantes, el camote morado tiene en su composición una alta cantidad de antocianinas, compuesto perteneciente al grupo de los flavonoides, uno de los dos grandes grupos de compuestos fenólicos presentes en alimentos. Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles en alimentos, son efectivas en atrapar

especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas [9]. Al trabajar con camote morado se tenía la información de que presenta una alta cantidad de los compuestos anteriormente mencionados y, como se observa en la Figura 5, las películas elaboradas con camote morado tienen un valor de antocianinas al tiempo 0 de 2.25 y 3.16 mg equivalentes de cianidina/100 g. En el caso de las películas con BAL tras 28 días de almacenamiento a distintas temperaturas en ambas películas, este valor aumenta a 4.38 mg equivalentes de cianidina/100 g a 4 °C y 3.56 mg equivalentes de cianidina/100 g a 22 °C, mientras

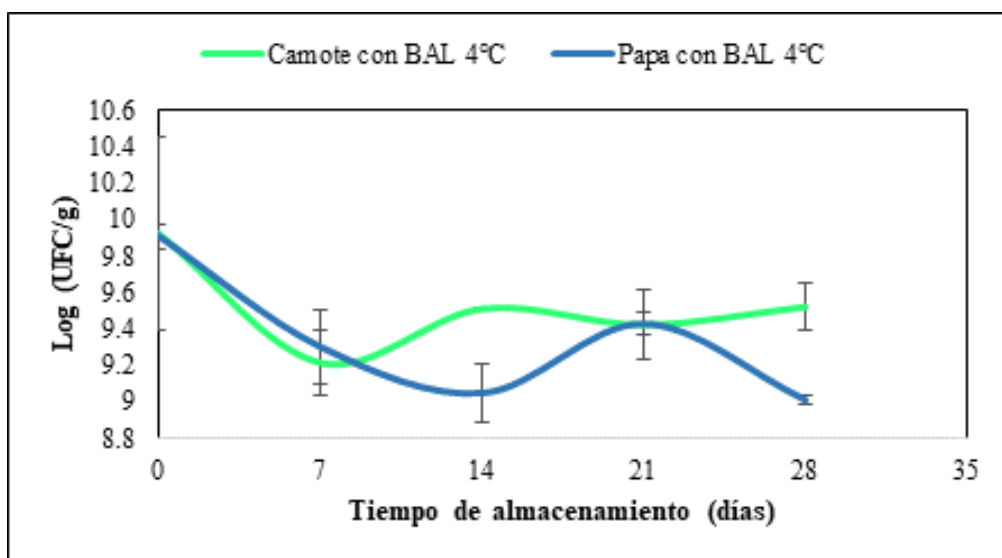


Figura 3. Crecimiento de bacterias ácido-lácticas (BAL) en películas a 4 °C durante 28 días de almacenamiento

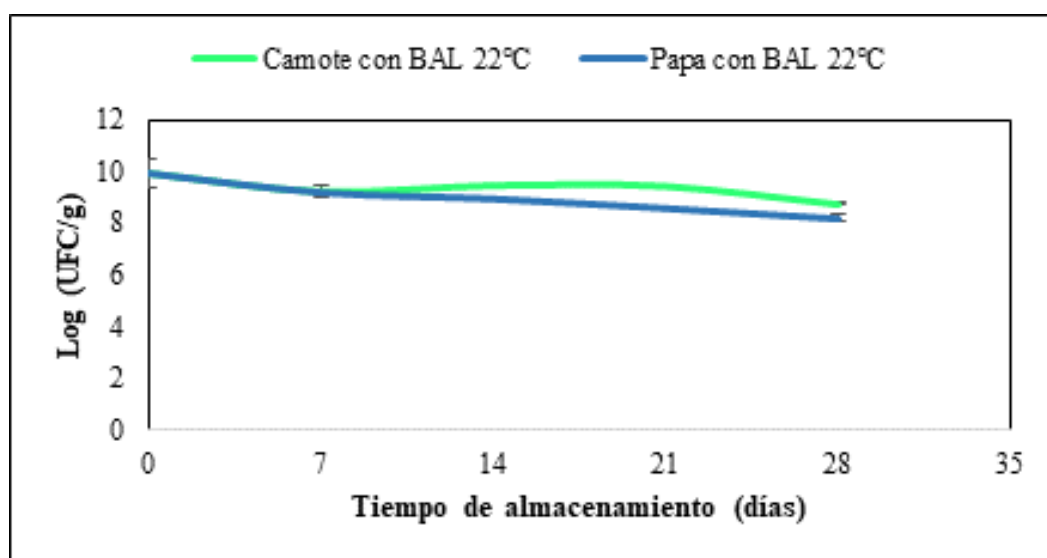


Figura 4. Crecimiento de bacterias ácido-lácticas (BAL) en películas a 22 °C durante 28 días de almacenamiento

que en películas sin BAL es de 3.11 mg equivalentes de cianidina/100 g a 4 °C y 2.72 mg equivalentes de cianidina/100 g a 22 °C.

En las Figuras 6 y 7 se observa el contenido de compuestos fenólicos en los sistemas analizados, se muestra que al día 0 las películas con camote y BAL presentan un valor de 119.21 mg EAG/100 g, y tras el almacenamiento de 28 días a 4 °C presentan 124.41 mg EAG/100 g y a 22 °C de 171.73 mg EAG/100. Las que no tienen BAL tienen un valor de 103.32 mg EAG/100 g y tras 28 días aumenta a 166.66 mg EAG/100 g a 4 °C y 140.00 mg EAG/100 g a 22 °C. En las películas de papa se observa una estabilidad e incluso una disminución de estos compuestos.

De igual forma, en las Figuras 8 y 9 se observa este fenómeno de aumento con los resultados de la capacidad antioxidante, observándose un aumento en las películas de camote, teniendo valores de 111.75 μmol de Trolox/100 g (película con BAL), 129.66 μmol de Trolox/100 g. Tras 28 días de almacenamiento estos valores se elevan en la película con BAL a 230.96 μmol de Trolox/100 g a 4 °C y 258.06 μmol de Trolox a 22 °C, mientras que en las películas sin BAL los valores oscilaron entre 262.58 a 289.62 μmol de Trolox/100 g a 4 °C y 276.31 μmol de Trolox/100 g a 22 °C. En las películas de papa se presentó una menor actividad antioxidante, pues los valores oscilan de 72 a 79 μmol de Trolox/100 g.

Figura 5. Antocianinas en películas con camote tras 28 días de almacenamiento a 4 °C y 22 °C

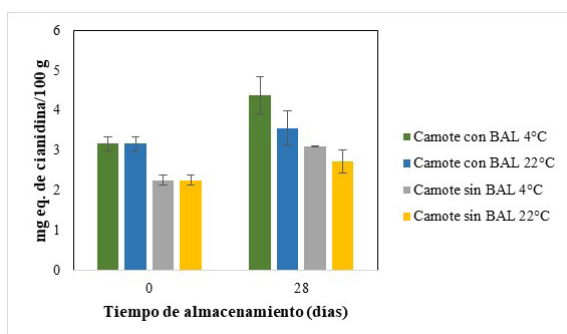


Figura 6. Compuestos fenólicos en películas formuladas con BAL durante el almacenamiento de 28 días a 4 °C y 22 °C

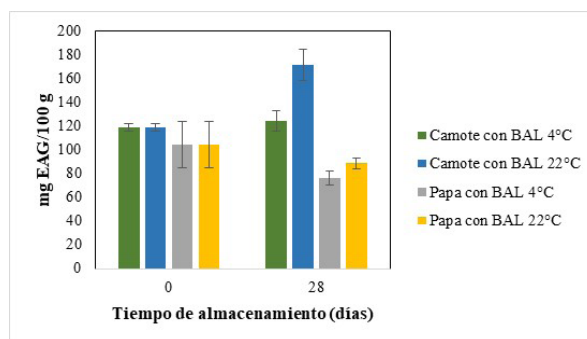


Figura 7. Compuestos fenólicos en películas formuladas sin BAL durante el almacenamiento de 28 días a 4 °C y 22 °C

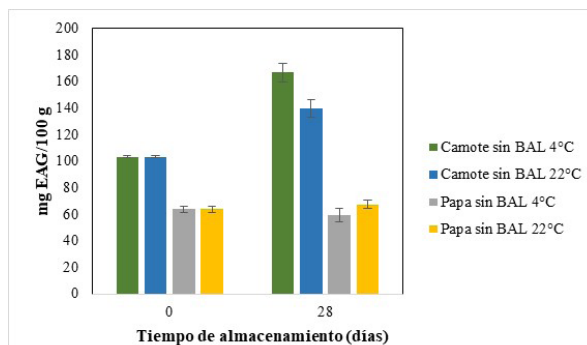


Figura 8. Capacidad antioxidante de películas formuladas con BAL durante el almacenamiento de 28 días a 4 °C y 22 °C

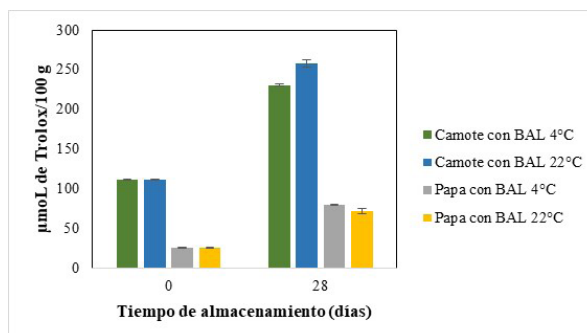
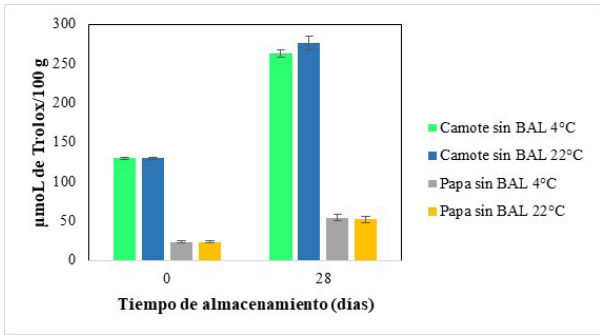


Figura 9. Capacidad antioxidante de películas formuladas sin BAL durante el almacenamiento de 28 días a 4 °C y 22 °C



Respecto al contenido de proteína se observó que en las películas con camote se presentó un mayor porcentaje, ya que el camote en crudo presenta un valor de proteína de 4.9 % y el suero de leche de aproximadamente 6 % de proteína cruda.

Tabla 1. Porcentaje de proteína en películas

Película	% proteína (día 0)	% proteína (día 28/ 4 °C)	% proteína (día 28/ 22 °C)
Camote con BAL	6.13 ± 0.03	6.50 ± 0.15	7.02 ± 0.83
Papa con BAL	5.58 ± 0.66	6.99 ± 0.25	5.00 ± 0.12
Camote sin BAL	6.02 ± 0.07	6.29 ± 0.03	7.37 ± 0.06
Papa sin BAL	4.99 ± 0.01	6.39 ± 0.64	6.94 ± 0.02

Conclusiones

Se logró diseñar y formular películas que funcionen como empaque funcional, debido a que todas las películas con BAL mantienen una población de aproximadamente 9 ciclos logarítmicos después de 28 días de almacenamiento a las dos temperaturas analizadas. Por otra parte, el camote provee a las películas una gran capacidad antioxidante, lo cual se puede deber al contenido de antocianinas presentes en este producto. A pesar de que los empaques de papa no presentan un alto contenido de compuestos antioxidantes, sí son capaces de mantener la viabilidad de BAL durante el almacenamiento. Por otro lado, las BAL funcionan como agentes bacteriostáticos, ya que inhiben el crecimiento de los microorganismos indicadores. El uso de camote y papa como materiales para hacer películas comestibles debe ser considerado como una alternativa para el aprovechamiento de tubérculos, sobre todo de camote, que es de menor explotación comercial.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Este proyecto tiene múltiples aplicaciones a futuro, ya que este solo fue el diseño y formulación de las películas comestibles funcionales. Aunque la aplicación de estas es un reto, se puede aplicar a productos lácteos como queso y evaluar su aceptación sensorial y estabilidad como empaque funcional durante el almacenamiento. Se ha pensado también en la aplicación de estas películas en frutas frescas cortadas, a manera de protección y para enriquecer su contenido antioxidante y proveer de bacterias ácido-lácticas a estos productos, ya que son carentes de las mismas.

Agradecimientos

Al Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco y a la Dra. Paola Hernández Carranza por permitirme ser su asesorado y darme la oportunidad de trabajar en este proyecto de investigación, aumentar mis conocimientos en el área de alimentos que es mi visión profesional, además de su apoyo en todo momento para la resolución de dudas existentes, y compartir sus conocimientos conmigo.

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado, por aceptarme en el programa Haciendo Ciencia en la BUAP Verano 2022, permitiéndome trabajar en este proyecto de investigación, que contribuye al logro de mi objetivo académico, al mismo tiempo reafirmando mi visión profesional en un posgrado.

Referencias bibliográficas

- [1] Díaz-Montes, E; Castro-Muñoz, R. (2021) Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods*. 10:249
- [2] Pop, O.L; Pop, C.R; Dufrechou, M; Vodnar, D.C; Socac, S.A; Dulf, F.V; Minervini, F.; Suharosch, R. (2019) Edible films and coatings functionalization by probiotic incorporation: A Review. *Polymers*. 12: p.1-15
- [3] Bhargava, N; Singh-Sharanagat, N; S Mor, R; Kuma, K. (2020) Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 105: p. 385-401
- [4] Durango, A.M; Soares, N; Arteaga, M.R. (2011) Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 9(1): p.112-118
- [5] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2002) Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Disponible en: <https://www.fao.org>
- [6] Fonseca-García, A; Jiménez-Regalado, E.J; Aguirre-Loredo, R.Y. (2021) Preparation of a novel biodegradable packaging film based on corn. *Carbohydrate Polymers*. 251:117009
- [7] Reyes-Matamoros, J; Martínez-Moreno, D; Nikolaenko, I.V; (2019) Estudio fenológico de variedades de camote en Atlixco, Puebla. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*. 10(26): p. 16-30

- [8] SIAP. (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria Pesquera. Fecha de consulta 9 de octubre de 2022. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- [9] Garzón, G.A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*. 13(3): p. 27-36

Material de consulta

NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Golden plant: agrobioproducto para micropropagación de *Agave* spp.

^aAguilar Jiménez Daniel*, ^aMendoza Roque Jessica Marleni, ^aGarcía Lezama Lilia y ^aSánchez Carpintero Carmela

^aPrograma Educativo de Agrobiotecnología de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Prolongación Reforma No. 168, Barrio de Santiago Mihuacán, Izúcar de Matamoros, C.P. 74420, Puebla, Puebla.

*daniel.aguilar@utim.edu.mx

Resumen

La micropropagación es una tecnología que ofrece ventajas en la producción vegetal, garantizando la obtención de plantas libres de plagas, enfermedades y rejuvenecidas. Además, mantiene la calidad genética de la planta madre. En agaves mezcaleros valiosos para el estado de Puebla, puede ser una alternativa para rescatarlos y preservarlos. Para lograrlo, es necesario contar con reactivos restringidos al público en general, son costosos y, además, se necesita realizar diversos cálculos y mediciones cada que se elabora un medio de cultivo para una especie, aumentando el margen de error con resultados variables. Por ello, y debido a que los agaves mezcaleros pueden ser sobreexplotados de sus hábitats, el objetivo de la presente investigación fue elaborar una fórmula a partir

de derivados de caña de azúcar y maíz, que adicionados con AgNPs permitan crear un agrobioproducto para su micropropagación. Las especies de agave evaluadas con «Golden Plant» fueron: *Agave angustifolia*, *Agave potatorum*, *Agave cupreata*, *Agave marmorata* y *Agave salmiana*. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas entre los modelos vegetales evaluados (7.2 a 12 brotes en *Agave salmiana* y *Agave cupreata*, respectivamente), pero sí con respecto al control. También, la adición de AgNPs garantiza la conservación del agrobioproducto por mínimo 12 meses.

Palabras clave: Innovación, Propagación, Conservación, Agrobiotecnología.

Abstract

Micropropagation is a technology that offers advantages in plant production, guaranteeing the obtaining of plants free of pests, diseases and rejuvenated. In addition, it maintains the genetic quality of the mother plant. In valuable mezcal agaves for the state of Puebla, it can be an alternative to rescue and preserve them. To achieve this, it is necessary to have reagents restricted to the general public, they are expensive and, furthermore, it is necessary to carry out various calculations and measurements each time a culture medium is prepared for a species, increasing the margin of error with variable results. For this reason, and because the mezcaleros agaves can be overexploited from their habitats, the objective of this research was to develop a formula from derivatives

of sugar cane and corn, which, added with AgNPs, allow the creation of an agrobioproduct for its micropropagation. The agave species evaluated with «Golden Plant» were: *Agave angustifolia*, *Agave potatorum*, *Agave cupreata*, *Agave marmorata* and *Agave salmiana*. The results indicate that there were no significant differences between the evaluated plant models (7.2 to 12 shoots in *Agave salmiana* and *Agave cupreata*, respectively), but there were with respect to the control. Also, the addition of AgNPs guarantees the conservation of the agrobioproduct for a minimum of 12 months.

Keywords: Innovation, Propagation, Conservation, Agrobiotechnology.

- *In vitro*, cultivos en recipientes de vidrio bajo condiciones ambientales controladas y asépticas.
- Biotecnología, manipulación de organismos vivos o partes de ellos para generar bienes o servicios.
- Fitopatógeno, microorganismos que viven dentro o en la superficie del cuerpo de las plantas.
- Sustentable, todo aquello que se obtiene con procedimientos amigables con el ambiente, de menor costo que los convencionales y que generan un beneficio a la sociedad.
- Sostenible, todo aquello que se obtiene o elabora para satisfacer necesidades actuales de una sociedad, pero sin comprometer la capacidad de generaciones futuras.
- Morfogénesis, origen de las formas (raíz, tallos, etc.) que puede tener un tejido vegetal.
- Transgénesis, proceso de transferencia de información genética de un organismo a otro de diferente especie.
- Cisgénesis, proceso de transferencia de información genética de un organismo a otro de la misma especie.
- Coadyuvantes, sustancias de origen natural con actividad biológica para estimular la división y/o crecimiento celular.
- Agrobioproducto, mezcla de sustancias naturales, sales inorgánicas y coadyuvantes que favorecen la formación de nuevos brotes en forma masiva a partir de otro.
- AgNPs, nanopartículas de plata (*silver nanoparticles* en inglés).
- Microbicida, sustancia que tiene la capacidad de eliminar hongos y/o bacterias.
- Micelio, estructuras reproductivas de los hongos.
- Callogénesis, proceso de divisiones mitóticas con poca o nula organización celular.
- Micropropagación, técnica para la propagación masiva de plantas en ambientes controlados.
- Organogénesis indirecta, formación de brotes y/o raíz a partir de un explante que tiene que sufrir un proceso de callogénesis.
- Organogénesis directa, formación de brotes y/o raíz a partir de un explante sin pasar por un proceso de desorganización celular.
- Aséptico, libre de microorganismos contaminantes.
- MS, medio de cultivo con las sales inorgánicas propuestas por Murashige y Skoog (1962).

Introducción

Dentro de los ecosistemas áridos y semiáridos, el género *Agave* tiene una gran importancia ecológica por su apoyo en la reducción de la erosión, captura de carbono, así como la provisión de refugio y alimento para una gama muy amplia de especies animales, desde insectos hasta mamíferos. Por otro lado, son especies capaces de hacer frente a los efectos del cambio climático (García-Mendoza, 2007). En México se utilizan 42 especies de agave para producir mezcal (Colunga-García-Marín *et al.*, 2007). Puebla tiene más de 30 especies de agaves mezcaleros y, de ellos, los más buscados son: *Agave rhodacantha* (mexicano), *Agave angustifolia* (espadín), *Agave macrocarpa* (espadilla), *Agave potatorum* (tobalá), *Agave cupreata* (papalomelt), *Agave marmorata* (pitzomelt), *Agave cuishe* (barril) y *Agave convallis* (jabalí). En ese tenor, desde el año 2000 se exportan alrededor de 750,000 L de mezcal con certificación a Asia, Europa, Estados Unidos y Canadá (Madrigal, 2009; Martínez-Hernández *et al.*, 2007). Los agaves son especies con multipropósito de alto valor cultural y económico en México, y la demanda actual y futura de mezcal las convierte en especies

vulnerables debido a las elevadas tasas de extracción en Puebla y Oaxaca para dicho fin (García-Mendoza, 2007). Además, son plantas que pueden demorar 12 años o más para emitir un escape floral y formar semillas; y los hijuelos que emiten no son suficientes para abastecer la demanda de plantas que es aproximadamente un millón de plantas anualmente en el estado de Puebla.

En ese contexto, la biotecnología vegetal ofrece las técnicas de Cultivo de Células y Tejidos Vegetales *in vitro* como herramienta biotecnológica para propagar plantas con el mismo potencial genético y libres de microorganismos fitopatógenos, garantizando que se conserven sus características agronómicas sobresalientes (Pierik, 1990). Además, con estas técnicas *in vitro*, en el caso de agaves, se puede reducir el tiempo de cosecha entre 1 a 2 años. De esta forma, el impacto agrícola es sustentable y sostenible porque se realizará su rescate y conservación, así como su aprovechamiento al mismo tiempo mediante bancos de germoplasma. Para dicho fin, ya se cuenta con algunos protocolos como mencionan: Enríquez-del Valle *et al.*, 2005; Arzate-Fernández y Mejía-Franco, 2011; Arzate-Fernández *et al.*, 2016; Aguilar *et al.*, 2018a; y Aguilar y Rodríguez 2018b. Sin embargo, cada especie tiene

requerimientos particulares para su establecimiento bajo condiciones *in vitro* y su propagación, lo cual complica el desarrollo de muchos proyectos para lograr su propagación, ya que se tienen que realizar diversos experimentos para evaluar las variables que permitan tener éxito, además de contar con diferentes reactivos y materiales de laboratorio para elaborar los medios de cultivo que permitan su multiplicación.

Por otra parte, existen metabolitos secundarios o sustancias que son biosintetizadas por las plantas (Rodríguez *et al.*, 2000), las cuales pueden tener diferentes funciones biológicas en el comportamiento fisiológico o morfogénico cuando son aplicadas a plantas de la misma especie o de otras. Estas moléculas pueden actuar como estimulantes del crecimiento o señalizadores celulares, desencadenando vías de transducción de señales (García, *et al.*, 2013) y resultar finalmente en alguna expresión genética, bioquímica o fisiológica de interés agrícola, sin la necesidad de recurrir a la cisgénesis o transgénesis, término denominado «*cis-trans* metabolismo» por Aguilar *et al.* (2015). En este contexto, se elaboró y se evaluó una mezcla en polvo soluble a partir de derivados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y de maíz (*Zea mays*), adicionada con nutrientes y coadyuvantes de la brotación para propagar agaves *in vitro*. Con ello, el proyecto pretende generar investigación aplicada para garantizar la supervivencia y conservación de las especies de agave mezcalero y pulquero más representativas del estado de Puebla, sin la necesidad de realizar investigaciones básicas para ello. De esta forma, la mezcla la podrán emplear todas las personas, empresas o instituciones interesadas en el tema, sin la necesidad de contar con todos los materiales y reactivos de un laboratorio para propagación de plantas *in vitro*; solo con lo básico.

Materiales y métodos

Lugar del trabajo experimental

Las actividades de investigación e innovación se desarrollaron en el Laboratorio de Biotecnología perteneciente al Programa Educativo de Agrobiotecnología de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla; ubicada en Prolongación Reforma No. 168, Barrio de Santiago Mihuacán en Izúcar de Matamoros, C.P. 74420.

Material vegetal

Para la elaboración de la mezcla en polvo (agrobioproducto), el material vegetal fueron derivados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y de maíz (*Zea mays*). Para evaluar el efecto de la fórmula se emplearon *Agave angustifolia*, *Agave potatorum*, *Agave marmorata*, *Agave cupreata* y *Agave salmiana*.

Desarrollo de la fórmula en polvo soluble

Se pesaron los derivados de caña de azúcar y de maíz en cantidades iguales, y se vertieron en un vaso de precipitados para homogeneizarse con ayuda de una espátula de acero inoxidable. Posteriormente, se adicionaron los nutrientes con base en lo publicado por Murashige y Skoog (1962), sin vitaminas; también se agregaron AgNPs para su conservación. En seguida, se llevó la mezcla a un horno de secado a 70 °C por 90 minutos para eliminar la humedad. La mezcla se homogeneizó nuevamente y se colocó en un frasco limpio cubierto con papel aluminio para su posterior uso.

Vida de anaquel del agrobioproducto

La formulación del agrobioproducto contiene sustancias de origen natural, como azúcares y nutrientes que pueden ser utilizados por microorganismos, generando así una contaminación del mismo. En ese tenor, para su conservación se adicionaron AgNPs, las cuales tienen efecto microbicida (Spinoso-Castillo, *et al.*, 2017). Se elaboraron solo dos tratamientos, uno con y otro sin AgNPs para valorar la presencia de microorganismos en la fórmula. Se colocaron 10 g de cada tratamiento en frascos de vidrio esterilizados en autoclave y cubiertos con papel aluminio; de cada tratamiento fueron 10 repeticiones. La valoración se realizó de manera óptica y se consideró presencia de microorganismos contaminantes, cuando en la fórmula se observó presencia de micelio o coloraciones diferentes a la de la mezcla original. Las observaciones se realizaron por 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 8 y 12 meses, con las cuales se elaboraron gráficas en Microsoft Excel para representar porcentajes.

Propagación *in vitro* con Golden Plant

Se pesaron 25 g de la mezcla en polvo (Golden Plant) para verterse en 1000 ml agua de ósmosis, se ajustó el pH a 5.7 ± 0.01 , se adicionaron 7 g de agar-agar y se colocó el medio de cultivo en una parrilla de calentamiento con agitación para derretir el agar. Como tratamiento control solo se emplearon las sales MS (1962). Después de la ebullición, se vertieron 20 mL por frasco de vidrio de 100 mL de capacidad, se cerraron con tapas de polietileno transparente y se esterilizaron con ayuda de una autoclave horizontal a 121 °C y a 1.5 kg·cm² de presión. Una vez que el medio de cultivo se enfrió y gelificó, en el área de siembra se introdujeron tres brotes por frasco de cada modelo vegetal evaluado, se sellaron con película plástica y se etiquetaron. Se consideraron tres repeticiones por cada modelo vegetal. Finalmente, los frascos se llevaron al área de incubación durante 8 semanas.

Para la obtención de datos de respuesta *in vitro* se consideró a cada recipiente de cultivo como unidad experimental, con tres brotes cada uno y registrando las observaciones a las 8 semanas. Los datos se sometieron a análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey ($p = 0.05$) para definir la diferencia entre los efectos medios de los tratamientos. El paquete estadístico empleado fue Minitab 17.

Resultados/ Discusión de resultados

Vida de anaquel del agrobioproducto

Se observó la presencia de manchas color anaranjado, café y gris en el tratamiento sin AgNPs, así como la presencia de micelio color gris en los frascos con la fórmula sin AgNPs. En cambio, en los frascos que contenían la fórmula «Golden Plant» con AgNPs, en 12 meses no se apreció la presencia de microorganismos contaminantes (**Figura 1**), lo cual coincide con Spinoso-Castillo *et al.* (2017), quienes mencionan que las AgNPs tienen propiedades microbicidas. Además, la adición de AgNPs en la fórmula parece mejorar el

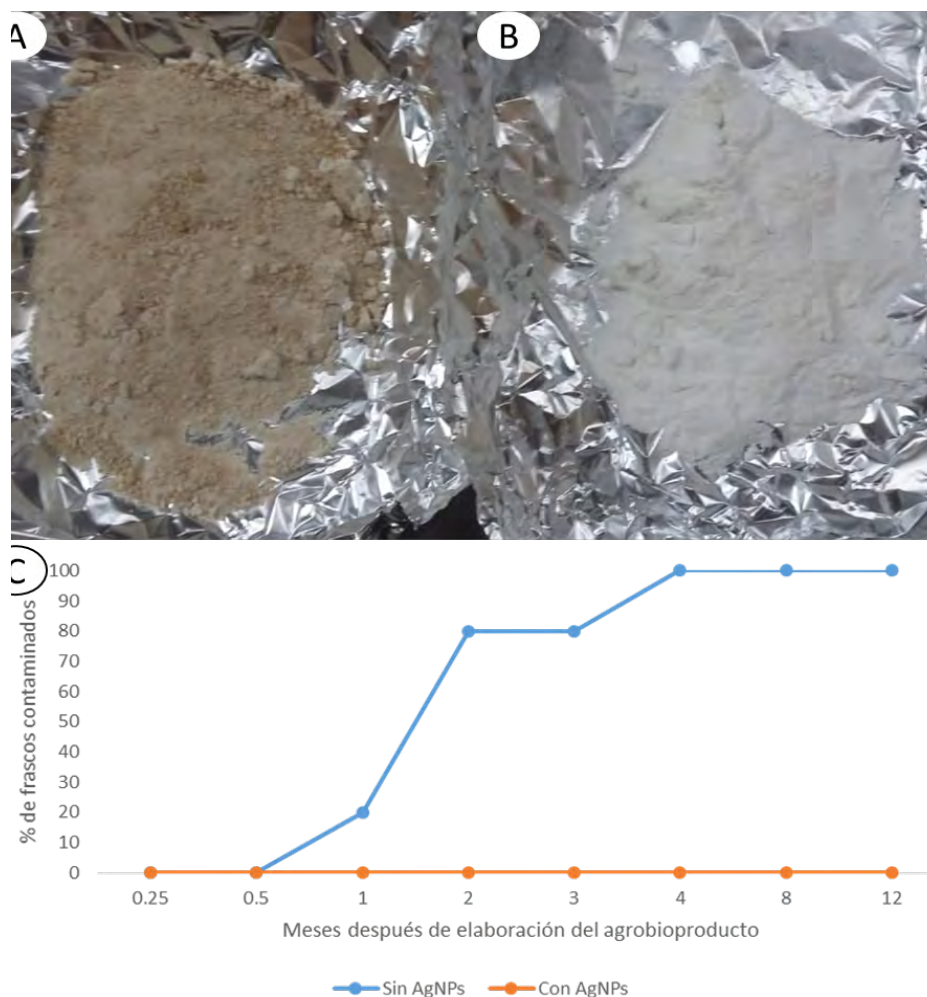


Figura 1. Efecto de AgNPs en la conservación del agrobioproducto «Golden Plant». A) Agrobioproducto sin AgNPs B) Agrobioproducto con AgNPs y C) Comportamiento de la presencia de microorganismos en el agrobioproducto con y sin AgNPs

crecimiento y apariencia de las plantas cultivadas, coincidiendo con lo publicado por Bello-Bello *et al.* (2017).

También, es importante mencionar que el tiempo de conservación de la fórmula «Golden Plant» con AgNPs no pierde su efectividad a pesar del tiempo. Con este resultado, se tiene la oportunidad de poder comercializarlo y garantizar su efectividad si no se emplea de forma inmediata.

Propagación *in vitro* con «Golden Plant»

Se obtuvieron respuestas favorables para la formación de brotes *in vitro* en todas las especies de *Agave* consideradas, empleando el agrobioproducto «Golden Plant» con 12 meses de elaboración y conservado con AgNPs (**Figura 2**).

Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del agrobioproducto Golden Plant, con respuestas similares a las reportadas por Ramírez-Mosqueda *et al.* (2022) en *Agave potatorum* con el empleo de medios de cultivo convencionales para un laboratorio de micropropagación. Sin embargo, Arzate-Fernández *et al.* (2020) mencionan la obtención de 23.8 brotes de *Agave salmiana* y 24.7 brotes en *Agave marmorata*, resultados superiores a los obtenidos en el presente trabajo de investigación. No obstante, emplean una cantidad elevada de la citocinina N-6-Benciladenina (10 y 5 mg·L⁻¹, respectivamente), lo cual puede encarecer su protocolo de micropropagación si se buscara escalar a nivel comercial. Además, emplear elevadas concentraciones de fitoreguladores puede causar variaciones genéticas en las plantas propagadas *in vitro* (Hartman y Kester, 2001).

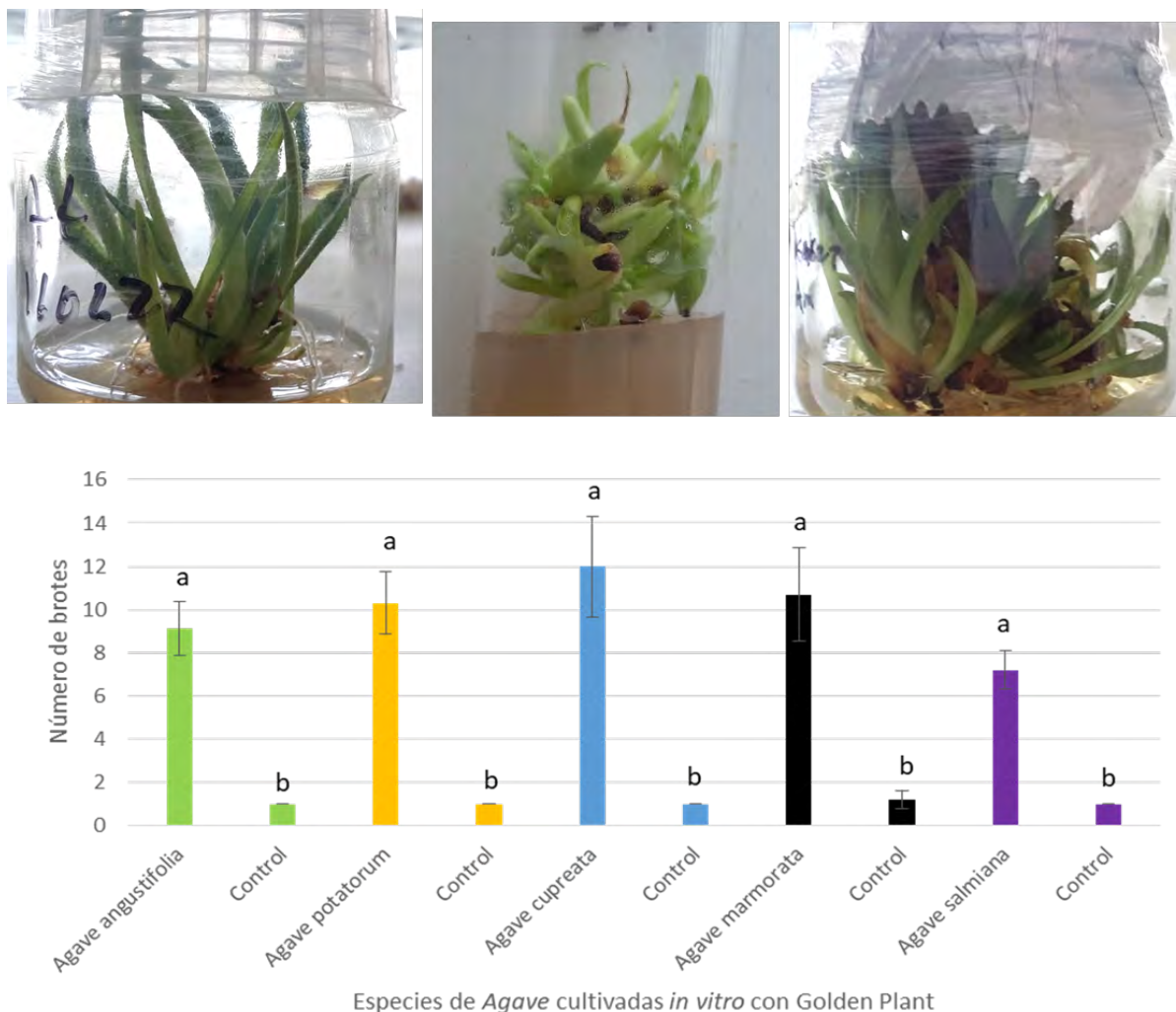


Figura 2. Formación de brotes *in vitro* en modelos de *Agave* spp. con el agrobioproducto «Golden Plant» después de 12 meses de conservación con AgNPs

Aunado a ello, las respuestas obtenidas para esas especies de *Agave* pueden variar cuando se vuelva a elaborar la fórmula del medio de cultivo por un error de medición. Así mismo, las respuestas que obtuvieron no son a partir de una organogénesis directa, sino a partir de un proceso de callogénesis, lo cual implica más recursos en cuanto a tiempo e inversión. En cambio, con Golden Plant, la obtención de brotes es mediante una organogénesis directa, lo que garantiza mayor estabilidad genética y menor tiempo para la obtención de respuestas (Hartman y Kester, 2001).

Conclusiones

Se logró obtener una fórmula para la propagación *in vitro* de varias especies de *Agave*, que garantiza su estabilidad genética para su conservación y preservación en el estado de Puebla, ya que favorece la obtención de brotes de forma directa. También, el agrobioproducto Golden Plant puede ser empleado con facilidad (pesar y disolver en agua) por quienes se interesen en temas de micropropagación, sin tener que contar con todos los reactivos y materiales que necesita un laboratorio de micropropagación para realizar sus formulaciones. Además, las respuestas obtenidas en la mayoría de protocolos consultados no son estadísticamente diferentes a las respuestas obtenidas con Golden Plant; aunado a que la adición de AgNPs brinda la oportunidad y ventaja de comercializarlo, ya que le aporta una vida de anaquel mínimo por 12 meses.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Se considera seguir realizando trabajos experimentales en otros modelos vegetales y estudiar las propiedades físico-químicas del agrobioproducto para mejorar su calidad y eficiencia.

Agradecimientos

El equipo de trabajo agradece al P.E. de Agrobiotecnología de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, por el apoyo y facilidades prestadas para la realización del presente trabajo de investigación aplicada como proyecto para cursar la asignatura «Integradora».

Referencias bibliográficas

- Aguilar, D. y Rodríguez, L. 2018b. Micropropagación y aclimatación de Maguey Pitzometl (*Agave marmorata* Roetzl) en la Mixteca poblana. Revista Colombiana de Biotecnología. 20(2):124-131 p. doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n2.77084.
- Aguilar, D., Rodríguez, J. y Herrera, H. 2018a. Obtención de brotes *in vitro* en *Agave potatorum* Zucc. Universo de la Tecnológica. 10(2):5-7 p.
- Aguilar, J. D., Rodríguez De la O J. L., Reyes T. B. y Martínez S. J. (2015). Respuestas morfológicas *in vitro* y caracterización fitoquímica de *Euphorbia nutans* Lag. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.
- Arzate-Fernández, A. M. y Mejía-Franco, R. 2011. Capacidad embriogénica de callos inducidos en ejes embrionarios cigóticos de *Agave angustifolia* Haw. Revista Fitotecnía Mexicana, 34(2):101-106 p.
- Arzate-Fernández, A. M., Martínez-Velasco, I., Álvarez-Aragón, C., Martínez-Martínez, S. Y. and Norman-Mondragón, T. H. 2020. Respuesta morfológica de dos especies de *Agave* regeneradas *in vitro*. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 23(47). ISSN: 1870-0462 p.
- Arzate-Fernández, A. M. 2016. Regeneración de agave mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.) a partir de embriones somáticos encapsulados. México. Revista Fitotecnía Mexicana, 39(4):359-366 p.
- Bello-Bello, J. J., Chávez-Santoscoy, R. A., Lecona-Guzmán, C. A., Bogdanchikova, N., Salinas-Ruiz, J., Gómez-Merino, F. C. and Pstryakov A. 2017. Hormetic Response by Silver Nanoparticles on *In Vitro* Multiplication of Sugarcane (*Saccharum spp.* Cv. Mex 69-290) Using a Temporary Immersion System. Dose-Response: An International Journal. 1-9 p. doi:10.1177/1559325817744945.
- Colunga-García-Marín, P. and D. Zizumbo-Villarreal. 2007. Tequila and other agave spirits from west-central Mexico: Current germplasm diversity, conservation and origin. Biodiversity and Conservation 16:1653-1667 p.
- Enríquez-del Valle, J. R., Carrillo-Castañeda, G., Rodríguez-de la O, J. L. 2005. Sales inorgánicas y ácido indolbutírico en el enraizamiento *in vitro* de brotes de *Agave angustifolia*. Revista Fitotecnía Mexicana, 28(2):175-178 p.
- García, M. S., Gómez, M. F. C., Trejo, T. L. I. y Herrera, C. E. B. 2013. Factores de transcripción involucrados en respuestas moleculares de las plantas al estrés osmótico. Rev. Fitotec. Mex. 36(2):105-115 p.
- García-Mendoza, A. J. (2007). Los Agaves de México. Ciencias-UNAM. 087: 14-23 p.
- Hartman H. T. y Kester D. E. (2001). Propagación de plantas. 2da. edición. CECSA. México. 549-618 p.
- Madrigal R. (2009). Agaves para producir bioetanol. In: «México después del Petróleo ¿Serán los Biocombustibles y Geotermia una Alternativa?». México. 50 p.
- Martínez-Hernández A., J. Pastrana-Chávez, A. Sánchez-Villarreal, J. Lara Reyna, L. Herrera-Estrella, A. Herrera-Estrella, O. Martínez de la Vega y J. Simpson-Williamson. (2007). Genómica de *Agave tequilana*: Identificación de genes útiles para la industria tequilera y el desarrollo de usos alternativos del agave. https://www.researchgate.net/publication/231582061_Genomica_de_Agave_tequilana_Identificacion_de_genes utiles_para_la_industria_tequilera_y_el_desarrollo_de_usos_alternativos_del_agave.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 15:473-479 p.
- Pierik, R. L. M. (1990). Cultivo *in vitro* de las Plantas Superiores. Mundi-Prensa. Madrid, España. 325 p.
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Cárcamo-Corona, R. G., Aguilar-Jiménez, D. y Bello-Bello, J. J. 2022. Micropropagation of Agave (*Agave potatorum* Zucc.) through Direct Organogenesis. Agrociencia. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i6.2823>.
- Rodríguez, A. T., Morales, D. y Ramírez, M. A. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. Cultivos Tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba 21(2):79-82 p.
- Spinoso-Castillo, J. L., Chávez-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 Tiss Organ Cult. 129(2):195-207 p.

Malla Ecológica para Retención de Humedad y Nutrientes para la plantación de Cuatomate en la Zona Árida de la Mixteca Poblana

^aEstrada Garcia Lizbeth Rocio y ^aEscamilla Ramírez Rosalinda

^aInstituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla, Carretera Acatlán - San Juan Ixcaquixtla Km. 5.5 Unidad Tecnológica, C.P. 74949, Acatlán de Osorio, Puebla, México; Teléfono: 953534187.

direccion.general@itsao.edu.mx

Resumen

Se realizó una investigación acerca del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc), sobre el impacto que tiene en la región de Acatlán de Osorio, Puebla, y sus alrededores, ya que este fruto es una planta de traspatio que muchos agricultores tienen en casa, ayudándoles a generar un ingreso extra. Con el tiempo ha tenido gran relevancia el consumo de este fruto, además de que ha sido exportado a Estados Unidos; sin embargo, no se cumple con la demanda solicitada. Con base en esto, se decidió crear una formulación de compostaje en conjunto con la malla de lufa que ayude a que tenga un mejor desarrollo y se genere no solo en los meses de temporada sino todo

el año. De acuerdo con análisis realizado, el compostaje contiene un 66.6 % de MO, esto quiere decir que es un buen retenedor de humedad, además de brindarle macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; también se realizó un diseño experimental, el cual demuestra que estos dos elementos usados son capaces de retener humedad. Una de las ventajas de este prototipo es que se coloca una sola vez y tiene un costo de \$20 pesos mexicanos.

Palabras clave: Lufa, Compostaje, Nutrientes, Demanda

Abstract

An investigation was carried out on the cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) on the impact it has on the region Acatlán de Osorio Puebla and its surroundings, since this fruit is a backyard plant that many farmers have at home, helping them to generate an extra income, since that over time the consumption of this fruit has had great relevance in addition to exporting it to the United States; however, the requested demand is not met; Based on this, it was decided to create a composting formulation in conjunction with the luffa mesh that helps it to have a better development and helps it to be generated not only in the seasonal months but throughout

the year. According to analyzes carried out, composting contains 66.6 % OM, this means that it is a good moisture retainer in addition to providing macronutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium; An experimental design was also carried out which affirms that these two elements used are capable of retaining moisture. One of the advantages of this prototype is that it is placed only once and has a cost of \$20 Mexican pesos.

Keywords: Luffa, composting, nutrients, demand

- PCC, peso del crisol con cenizas
- PC, peso del crisol
- MO, materia orgánica
- CO, carbono orgánico %MO, es la materia orgánica expresada en porcentaje %CO, porcentaje de carbono orgánico
- H_2SO_4 , ácido sulfúrico
- V muestra, volumen de H_2SO_4 para titular la muestra
- V blanco, volumen de H_2SO_4 titular el blanco
- N, normalidad exacta del H_2SO_4
- H_0 , hipótesis nula
- H_1 , hipótesis alternativa

Introducción

Existe una relación estrecha entre el conocimiento campesino y los recursos fitogenéticos (Cuevas y Estrada *et al.*, 1988); de manera que los campesinos de la Mixteca Poblana han incorporado algunas especies silvestres a su alimentación; integrando la diversidad biológica, ecológica y cultural a través de procesos históricos. Entre esas especies se encuentra el cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc), planta silvestre, perenne, semileñosa y de tipo trepador en proceso de domesticación, ampliamente utilizada para el consumo humano; con diversidad biológica, de uso y valor (Cuevas y Estrada, 1988; Medina *et al.*, 2009); con una demanda insatisfecha que se incrementa aceleradamente por el hecho de que los emigrantes Mixtecos lo transportan, comercializan y promueven en los EE. UU. (González, 1999).

Considerando investigaciones previas, lo más semejante que existe es el poliacrilato de potasio (agua sólida), que es biodegradable, y mallas de polietileno, por lo que se consultó en diversas fuentes de información, como es el caso de los buscadores de patentes a nivel nacional: Sigaimpi, Wipo y Patentscope, donde hasta el momento

no se encontró una propuesta igual o similar a la presente investigación. De acuerdo con las necesidades para la retención de humedad y nutrientes para la plantación de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) en la zona árida de la Mixteca Poblana, se busca contribuir en la mejora de las condiciones de producción, a través de disminuir el consumo de agua hasta un 50 % para la plantación debido a que en la zona de estudio las lluvias son escasas, además de incrementar la producción de la hortaliza; su proceso de desarrollo será a corto y mediano plazo.

Materiales y métodos

Metodología

La presente investigación se desarrollará en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, específicamente en el laboratorio de métodos de la carrera de Ingeniería Industrial y el laboratorio de Química. En la metodología se utilizará el método de Bawa (2007) para el desarrollo de la malla ecológica.

1. Reconocimiento de una necesidad

Por lo general, las necesidades surgen de la falta de satisfacción con la situación existente. Dichas necesidades pueden ser: reducir costos e incrementar la confiabilidad del desempeño. Para el reconocimiento de la necesidad, de acuerdo con este proyecto, primero se investigaron los antecedentes del cuatomate.

2. Definición de una necesidad

Se consideró a los productores de los tres municipios de la Mixteca Poblana: San Pedro Yeloixtlahuaca, San Pablo Anicano y Acatlán de Osorio.

Dado que el cuatomate es una planta silvestre, no existe registro del número de productores, sin embargo, se utilizó la técnica de *encuestas* con el objetivo de conocer el nivel de aceptación de la malla ecológica, empleando el muestreo denominado «bola de nieve». Esta es una técnica de muestreo que ayuda a las y los investigadores a encontrar muestras cuando son difíciles de localizar, ya sea porque la muestra es pequeña y no es sencillo de encontrarla, o porque no está disponible. Lo comentado anteriormente se retoma de la referencia de Sánchez-Carrillo y Valtierra (2003) que dicen: «La muestra que se selecciona a través de un método no probabilístico o muestreo dirigido consiste en un procedimiento de selección informal de sujetos típicos, con la meta de que sean casos representativos de una población determinada». El método se conoce también como muestreo en cadena o por redes.

Enseguida se encuestó a 38 productores a los que se realizó la primera pregunta integradora que fue: ¿Le gustaría contar con una malla ecológica para la retención de humedad y que aporte nutrientes a la planta de cuatomate? El 98 % de la población dijo que sí está interesada en la malla ecológica, debido a la escasez de agua en la región de la Mixteca Poblana. Así mismo, se les preguntó qué calificación le asignaban en una escala de 0 a 10 a la propuesta de la malla ecológica. Las investigadoras de este artículo estiman que la calificación de aceptación será positiva y tendrá al menos 9 de calificación, de lo cual se obtuvo una media de calificación de 9.07, con una desviación estándar de 1.02. Se requiere trabajar con un nivel de confianza del 95 %, por consiguiente, para predecir el nivel de aceptación se usó el estadístico de prueba Z.

Luego se modelaron las hipótesis de las investigadoras:

- H_0 : El nivel de aceptación de los productores de cuatomate será mayor o igual que 9.
- H_1 : El nivel de aceptación de los productores de cuatomate será menor que 9.

$$H_0: \mu \geq 9$$

$$H_1: \mu < 9$$

Donde se toma la fórmula del estadístico de prueba Z, obtenido del libro *Estadística para administración y economía* de Anderson R. et al, 2008:

$$Z = \frac{x - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Y sustituyendo en el estadístico de prueba:

$$z = 0.4232$$

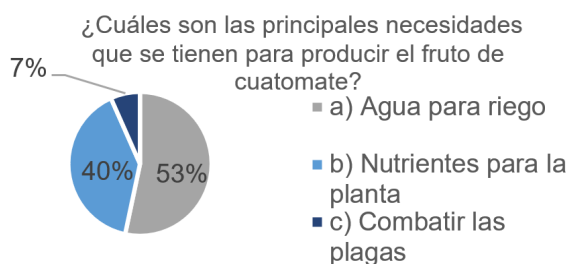
Tomando en cuenta la regla de rechazo: Rechazar H_0 si $Z > 1.96$, sustituyendo el valor del estadístico Z, quedaría $0.4232 > 1.9$, y como 0.4232 no es mayor que 1.96 , entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 . Con un 95 % de nivel de confianza en el resultado, se concluye que el nivel de aceptación de los productores de cuatomate será mayor que 9, por lo tanto, con el estadístico de prueba Z existe evidencia suficiente para demostrar que la malla tendrá gran aceptación. Después se procedió a encuestar a los 38 productores.

3. Recopilación de información

Se realizó el análisis del estudio de mercado, por lo que se anexan las gráficas de las preguntas más representativas.

Gráfica 1: En la pregunta 2 se tiene como resultado que el 53 % de los encuestados requieren de agua para riego, el 40 % nutrientes para la planta y 7 % mencionó combatir las plagas.

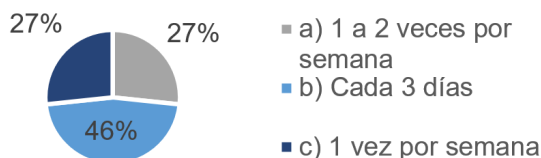
Gráfica 1. Necesidades que se tienen para producir cuatomate



Gráfica 2: En la pregunta 3 se muestran las veces que se aplica el riego; cada 3 días con un 46 %, 1 vez por semana con 27 %, seguido de 1 a 2 veces con 27 %.

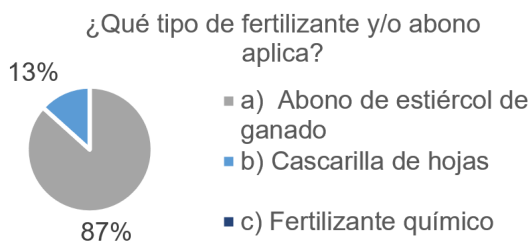
Gráfica 2. Aplicación de riego a la planta de cuatomate

¿Cuántas veces aplica el riego en la planta de cuatomate?



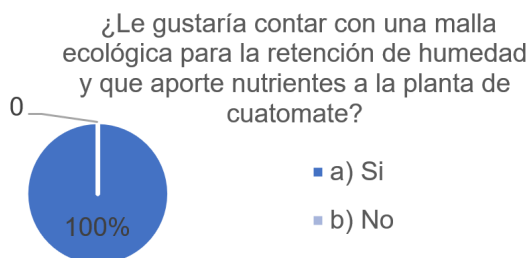
Gráfica 3: En la pregunta 5 se muestran los fertilizantes y abonos que más aplican; el 87 % mencionó abono de estiércol de ganado y 13 % cascarilla de hojas.

Gráfica 3. Fertilizantes y abonos que aplican los



Gráfica 4: En la pregunta 8 se muestra que al 100 % de los entrevistados les interesa contar con una malla ecológica para la retención de humedad y que aporte nutrientes a la planta de cuatomate.

Gráfica 4. Aceptación de la propuesta



4. Diseño y propuesta del prototipo

Se tomaron en cuenta tres ideas sobre el diseño, las cuales consistían en usar materiales biodegradables: malla sombra, lufa y palma. Así, se optó por la elaboración de bolsas que contendrán composta, ya que ayudará a obtener nutrientes y retener la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas.

En la Figura 1, se visualiza la idea plasmada del prototipo a hacer (Diseño 2). Por su parte, la Figura 2, expone el prototipo con vista isométrica elaborado con ayuda del software de Solid Works, aplicándole el material de lufa.

Figura 1. Idea dos plasmada en libreta

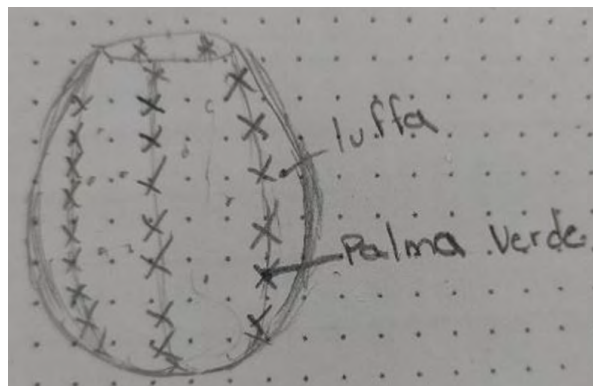


Figura 2. Prototipo realizado en SolidWorks



Las medidas usadas en el prototipo son de 35 cm de alto con una anchura de 27 cm y una abertura de 15 donde entrará la planta y se podrá colocar la composta; en este caso se le pusieron $\frac{3}{4}$ kg. Esta bolsita se puede estirar un poco siempre y cuando primero se humedezca en agua para que sea más fácil colocar la planta y el compostaje. El diseño con las medidas antes mencionadas es para una planta de 45 cm, mientras que para plantas más chicas de 20 a 25 cm se puede reducir el tamaño a 15 cm de ancho por 25 cm de alto, con una abertura de 10 cm.

Figura 3. Muestra las medidas correspondientes del prototipo

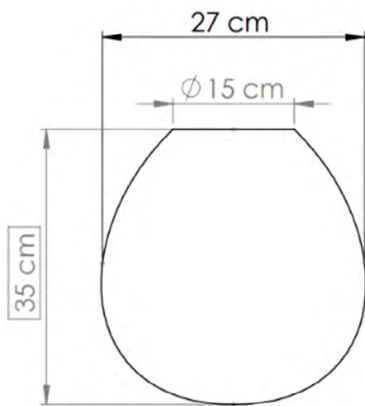
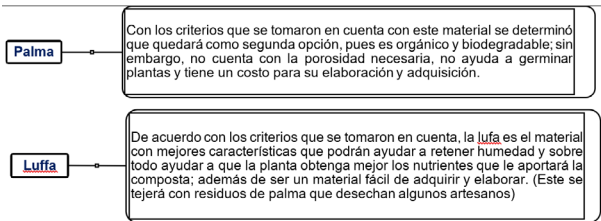
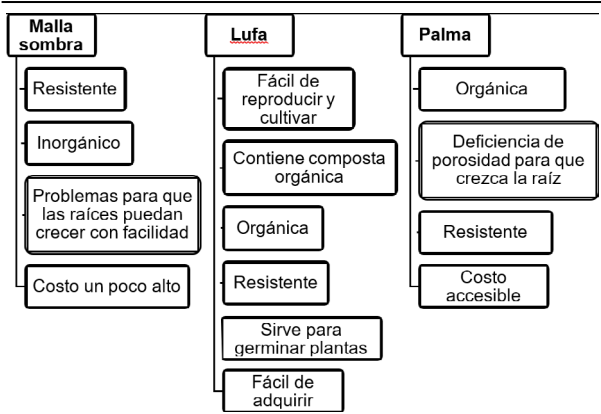


Figura 4. Aplicación de la composta con el prototipo diseñado



En la Figura 3, se muestra las medidas con las que se elaboraron la bolsa de malla de lufa. La Figura 4, expone la aplicación del prototipo en conjunto con el compostaje hacia la planta para posteriormente ser plantado.

5. Evaluación



6. Diseño experimental

Para el proceso de plantación de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) se realizó un estudio de las diferentes características de reproducción que los agricultores realizan a lo largo del año de dicha especie; en los últimos años, el cuatomate ha tenido importancia económica debido al aumento de la demanda a nivel regional, ya que se comercializa en fresco, en pequeñas cantidades en comunidades de poblados en Estados Unidos de América, lo que promueve el consumo de esta hortaliza (Gutiérrez *et al.*, 2011).

6.1 Formulación: considerando las necesidades de los productores se procedió a realizar las formulaciones correspondientes para la malla ecológica, utilizando ingredientes orgánicos, donde la base principal es la composta orgánica. Para darle forma al contenedor se utilizó malla sombra al 70 %. Los componentes usados son: estiércol de ganado bovino y caprino, cascarilla de huevo, hojas secas de árboles, cáscara de plátano y tierra negra.

6.2 Reformulación: se volvió a determinar los componentes para el compostaje, pero esta vez con dos fórmulas diferentes. FI (Fórmula 1) está compuesta con cáscara de naranja, aserrín, hojarasca seca de árboles, estiércol de ganado bovino, cascarilla de huevo y ceniza de residuos de palma. FII (Fórmula 2) está compuesta de hojarasca de laurel seca, desecho de zacate, estiércol de ganado bovino y cascarilla de huevo.

6.3 Variables del estudio: se realizó un diseño multi-variable en el *software* de SAS estudio online versión web

con registro de estudiante; las variables que se estudiaron son malla de lufa, malla sombra, así como la cantidad de composta a utilizar de FI y FII (1.25 kg, 1 kg, 750g, 500g, 250g). Posteriormente se capturaron los datos en el programa de SAS, para facilitar al programa la lectura de los datos y la idea de lo que se desea realizar. Una vez hecha la recolección de datos, se realizó análisis de varianza de dos muestras por grupo o más; se hizo la comparación de las muestras por grupo, donde se obtuvo la tabla de varianza, la cual explica cómo usar los datos para realizar una comparación de los datos recopilados anteriormente y poder demostrar la factibilidad de la idea propuesta.

Tabla 1. Aplicación del método ANOVA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	499376.0250	55486.2250	122.69	<.0001
Error	30	13567.7500	452.2583		
Total, corregido	39	512943.7750			

Tabla 2. Evaluación de cada muestra y entre ambas muestras

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
A	4	493248.6500	123312.1625	272.66	<.0001
B	1	5221.2250	5221.2250	11.54	0.0019
A*B	4	906.1500	226.5375	0.50	0.7352

La Tabla 1 describe el procedimiento del método ANOVA aplicado. La Tabla 2 muestra cómo se evaluó las muestras por grupo separado y por dos muestras de cada grupo de las muestras obtenidas.

Donde en el análisis realizado arroja lo siguiente:

- Como el valor del factor A (cantidades de composta: 1.25 kg, 0.75 kg, 0.5 kg, 0.25 kg) es por lo tanto, hay evidencia suficiente para decir que sí existe diferencia significativa entre las cantidades de composta de cada muestra (Anderson R., *et al*: 2012).
- Como el factor B (tipo de malla que más absorbe: malla de lufa y malla sombra) es, entonces sí hay diferencia significativa entre la absorción y humedad de la malla de lufa con la malla de mosquitero, lo que demuestra que la malla de lufa tiene mayor absorción (Anderson R., *et al*: 2012).
- Finalmente, como, significa que no hay efecto significativo de interacción entre la cantidad de composta de cada muestra y el tipo de malla con más absorción. (Anderson R., *et al*: 2012).

7. Pruebas de campo y laboratorio

7.1 Análisis fisicoquímicos de la composta FI

Determinación de Cenizas: se realizó una determinación de materia orgánica en el compostaje FI (muestra de 40 días) mediante el método de calcinación, aplicando la técnica 923 de la sección 03 de la AOAC (1990).

Tabla 3. Muestras de ceniza del compostaje

No. de crisol	Peso de crisol con cenizas (PCC)	Peso de crisol (PC)	(PCC-PC)
C1	16.9 g	16.3 g	0.6 g
C2	16.5 g	15.8 g	0.7 g
C3	17.4 g	16.7 g	0.7 g

La Tabla 3 muestra los datos obtenidos de cada crisol con ceniza y con ella poder sacar la determinación de MO y CO.

Determinación de Materia Orgánica

$$\% MO = 100 \% Cenizas$$

$$\% MO = 66.6 \%$$

Determinación de Carbono Orgánico

$$\% CO = \frac{\% Materia Orgánica}{1.724}$$

$$\% CO = 38.6310 \%$$

Resultado del método de calcinación: con un total de 66.6 % de materia orgánica y con el 38.631 % de carbono orgánico se llegó a la conclusión de que el compostaje que se realizó en la reformulación de FI es alto en fibra, haciendo que esta sirva como retenedor de humedad, ayudando a la malla y cumpliendo el objetivo deseado.

7.2. Análisis fisicoquímicos de Biol (extraído de la composta FI)

Determinación de Nitrógeno

$$N (cmol kg^{-1}) = \frac{(Vmuestra - V blanco) Nacido \times 14}{Peso muestra \times 10} \times 71.428$$

$$N (cmol kg^{-1}) = 0.0252 \times 71.428$$

$$N = 1.7999 cmol kg^{-1}$$

Se procedió a calcular la cantidad de Nitrógeno, donde 14 es la equivalencia de 1 mol.

$$N = 1.7999 \times 14 \div 1$$

$$N = 25.1986 \text{ g de nitrógeno por litro}$$

El resultado obtenido sobre el Biol es que contiene un 2.51986 % de Nitrógeno, esto quiere decir que no contiene lo necesario, pero no significa que es insuficiente, pues de alguna manera cuenta con una capacidad mínima para poder ayudar a la planta.

Conclusión del diseño experimental: se determinó con este análisis que sí existe una mínima diferencia significativa en la filtración, es decir, sí hay notable cambio con la aplicación de la malla y la formulación de la composta. Por lo tanto, existen pruebas suficientes para demostrar que la malla de lufa fue la que mejor absorbió y retuvo humedad en las pruebas.

Resultados/ Discusión de resultados

El prototipo de malla ecológica se coloca una sola vez en conjunto con la composta en la planta de cuatomate (esto no quiere decir que no se pueda agregar más composta, ya que como bien se sabe las compostas tienen un determinado tiempo para ayudar a las plantas (3 a 6 meses), es decir, proveen de sus beneficios tanto al suelo como a la planta). A su vez aporta nutrientes como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio que son considerados macronutrientes. Así, con el análisis factorial se llegó a la conclusión de que sí hay notable cambio con la aplicación de la malla y la formulación de la composta, ya que $0.0019 < 0.05$. Entonces, sí hay diferencia significativa entre la absorción y humedad de la malla de lufa con la malla de mosquitero. Se tiene un costo por prototipo de \$20 pesos (esto si no se cuenta con lufa ni palma); si se compara con el hidrogel, este tiene un costo de aproximadamente \$151 pesos por kilo. La recomendación es colocar 2-3 kilogramos por metro cuadrado.

Conclusiones

De acuerdo con los análisis realizados se determinó que el compostaje tiene un pH de 8.78 (siendo un pH ligeramente alcalino), la MO (Materia Orgánica) con un 66.6 % y un 35.50 % de carbono orgánico. Sin embargo, el compostaje contiene una alta concentración en potasio, magnesio, sodio y calcio, pero es muy pobre en cobre y hierro, por lo cual para ayudar a cultivos con deficiencia de esos elementos no es recomendable.

Por lo tanto, se determinó que el compostaje en conjunto con la malla sí es factible, cumpliendo con el objetivo determinado, es decir, esta innovación retendrá humedad por más de 24 horas y aportará los nutrientes

como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, considerados como macronutrientes, para que la planta tenga un buen desarrollo y se genere el aumento de producción, satisfaciendo la demanda requerida.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Se puede seguir mejorando la formulación del compostaje, además del diseño del prototipo, o también usar otro material diferente.

También se podría industrializar la colecta y reproducción del cuatomate.

Agradecimientos

Quiero agradecer el apoyo tanto de mi asesor como a mis padres y amigos que me apoyaron en el proceso de esta investigación, ya que cada uno contribuyó con un granito de arena; además de que también está dedicada a un amigo fallecido que me apoyó al principio de mis estudios sin ningún beneficio a cambio.

Referencias bibliográficas

- Anderson, A. David, D. R., Sweeney, S. Dennis, D. J., & Thomas, T., Williams, W. A., (2008), *Estadística para administración y economía. Medida poblacional conocida, Prueba de una cola*. 10ª. Ed. Editorial, CENGAGE Learning. 9.1: p.375-377
- Anderson, A. David D. R., Sweeney, S. Dennis, D. J., & Thomas, T., Williams, W. A., (2012), *Estadística para negocios y economía. Interpretación del coeficiente de correlación*. 11ª. Ed., CENGAGE Learning. 3-5: p.120-121
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis. E. U. U.: International Gaitherstourg.
- Bawa H.S., (2007). Procesos de manufactura. Editorial Mc. Graw Hill. Interamericana Editores, S.A. de C.V. México D.F.
- Cuevas S. J., y E. Estrada L. (1988). Unidad de estudios Etnobotánicos: una estrategia de investigación interdisciplinaria en recursos fitogenéticos. XII Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma de Chapingo. SONEFI. 41 p.
- Gutiérrez, R. N.; Medina, G. A.; Ocampo, F. I.; López, P. A. y Pedraza, S. M. E. 2011. Conocimiento tradicional del «cuatomate» (*Solanum glaucescens* Zucc.) en la Mixteca Baja Poblana, México. Agric. Soc. Des. 8(3):407-420.
- González, E. V. (1999). Estudio preliminar sobre la producción de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) por medio de la técnica in vitro. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32. Tecamatlán, Puebla. México. 75 p.
- Medina, G. A., N. Gutiérrez R., M. E. Pedraza S., I. Ocampo F., y P. A. Lopez. (2009). Propagación por estaca del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), un recurso genético promisorio en la Mixteca Poblana. Universidad Autónoma de Chiapas. Agricultura sostenible. 6: 434-439.
- Sánchez-Carrillo, D. y E. Valtierra Pacheco. (2003). La organización social para el aprovechamiento de la palma camedor (*Chamaedora* spp.) en la selva Lacandona, Chiapas. Agrociencia 37: 545-552.

- Altieri M. A. (1991). ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? In: Revista Agroecología y desarrollo. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo. pp. 16-24.
- Altieri, M. A. (1993). Desarrollo sostenible y pobreza rural: Una perspectiva Latinoamericana. In: Agroecología Ciencia y Aplicación. CLADES. Berkeley, California. pp. 349-375.
- Barón, A. (2005). Superabsorbent hydrogel for agricultural applications., Synthesis and Evaluation., 7th World Congress of Chemical Engineering, 2005.
- Barón, A.; Barrera I. Boada L.; Rodríguez G. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales, México Rev. Ingeniería e Investigación.
- Candelaria, M. B.; Ramírez, M. M.; Flota, B. C. y Dorantes, J. J. (2016). Recursos genéticos «criollos» de zonas rurales de Campeche, México. Rev. Agroprod. 9(9):29-32.
- (CEPAL) Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (1986). Economía campesina y agricultura empresarial (Tipología de productores del agro mexicano). Siglo XXI. 339 p.
- Chayanov, V. A. (1974). La Organización de la Unidad Económica Campesina. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires, Argentina. 342 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2000). El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2004). Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- Hernández X., E. (1981). Agroecosistemas de México. Chapingo. UACH. p. 42
- Medina, D. K.; Muñoz, R. D.; Guzmán, G. R. I. y Acereto, E. P. O. (2014). Valor nutrimental y funcional del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), fruto silvestre de la región mixteca. Ciencias de la Frontera. 12(3):93-100.
- Okay, O. (2000). Macroporous copolymer networks., Progress in Polymer Science, 25, 2000, pp. 711-779



Ingenierías y Desarrollo Tecnológico

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Aplicación móvil de cuidado agrícola (ACMA)

^aRosales Roldan Eduardo*, ^aBarbosa García Daniel y ^aParedes Xochihua María Petra

^aTecNM Campus San Martín Texmelucan, Camino a Barranca de Pesos S/N, San Lucas Atoyatenco, San Martín Texmelucan, Puebla, C.P. 74120.

*l18240036@smartin.tecnm.mx

Resumen

El artículo presenta el desarrollo de una aplicación móvil de bajo costo para el monitoreo de las flores de Crisantemo en un ambiente controlado; como es el caso de los invernaderos, para ello se implementó un detector de temperatura y controladores que permiten recabar los datos, con la aplicación se puede obtener y manejar la información, a su vez cuenta con un módulo de monitoreo

de plagas, siendo estas la principal amenaza que tienen este tipo de cultivos, adicionalmente se implementó un calendario para el seguimiento de actividades que se tienen planeadas para el cultivo para un cuidado óptimo.

Palabras clave: Aplicación móvil, Invernadero, Monitoreo, Plagas.

Abstract

The article presents the development of a low-cost mobile application for monitoring chrysanthemum flowers in a controlled environment; as is the case of greenhouses, for it was implemented a temperature detector and controllers that allow collecting data, with the application it is possible to obtain and manipulate the information, It also contain a pests monitoring module, these are the main threat that have this

type of crops, additionally the implementation of a calendar to track activities that are planned for the crop and thus give optimal care to these.

Keywords: Greenhouse, Movil application, Monitoring, Pests.

- Temp, temperatura
- dBm, decibelio-milivatio

Introducción

Los cultivos de flor de Crisantemo en Puebla tiene una gran producción, ya que según la revista Urbeconomía en el mes de febrero del año 2022 Puebla se posicionó tan solo por debajo del Estado de México colocándose en segundo lugar a nivel nacional [8], es por ello que para alcanzar una gran producción se debe tener en consideración las plagas que las afectan, pues se han descubierto que existen distintas plagas que acaban con este cultivo tales como el nematodo anguílula de las hojas dándose más en los cultivos al aire libre y menos en los protegidos o de invernadero, los minadores de hojas, tetránico tejedor, pulgones y Trips [9] por mencionar algunas. Por otro lado, según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural «El crisantemo se cultiva en dos mil 675 hectáreas, siendo el Estado de México el principal productor con dos mil 460 hectáreas; seguido de Puebla, con 148 hectáreas; Morelos, 57 hectáreas, y San Luis Potosí, 10 hectáreas, que suman un aproximado de 11 millones 379 mil 925 plantas.» [10]. Por ello, la idea de este proyecto surgió por el hecho de que en México la flor de Crisantemo es un cultivo de alta producción, lo que aporta

a su cuidado. Por lo que con la aplicación se busca aumentar la calidad de los cultivos, enfrentando así una problemática en torno a la correcta gestión de los procesos de cultivo de la flor de Crisantemo. Esto se debe a que los agricultores aplican el método tradicional de gestión de cultivo, ocasionando así variaciones en la producción, por lo anterior es necesario contar con técnicas que eviten el uso excesivo o indebido de fertilizantes, tiempos, sobre riego, detección tardía de plagas, uso de suelo no propicio para el cultivo o falta de control en los cultivos.

Materiales y métodos

Módulo de monitoreo de temperatura

El desarrollo del módulo supuso la integración de una interfaz electrónica, compuesta por elementos de bajo costo, pero con las características suficientes para realizar un correcto procesamiento y envío de los datos vía Bluetooth a la aplicación. Para el monitoreo de la temperatura ambiente se utilizó el sensor LM35, en la que se buscó medir rangos de temperatura de 5 a 25 °C, usando la fórmula siguiente, en función del voltaje disponible [1]:

$$\text{Temp} = \text{Valor} * 5 * 100 / 24$$

Los valores obtenidos del LM35 fueron enviados a la aplicación móvil mediante el módulo HC-06, con una potencia de emisión de 4 dBm y una sensibilidad de -84 dBm, clase 2. En la parte lógica, se entabla una comunicación de la aplicación al módulo HC-06 mediante la habilitación de la función Bluetooth en el dispositivo y el uso de condicionales, determinar si se establece de forma correcta la comunicación [2]. Se diseñaron y programaron dos pantallas en Android Studio; la primera de ellas realiza el enlace al dispositivo Bluetooth seleccionado (HC-06), al completar el emparejamiento, de forma automática se muestra un *widget* prediseñado para poder moverse de forma interactiva, de acuerdo a los valores recibidos. Se establecieron condicionales con la finalidad de realizar comparativa entre los valores, de modo que en pantalla se pueda visualizar mensajes que, de acuerdo al registro, adviertan de una temperatura por encima o por debajo de los límites adecuados para el cultivo (10 °C mín., 23 °C máx.). Los registros son almacenados en una base de datos interna SQLite [3], específicamente creando una tabla llamada «Registro_temp», en la que posteriormente se realiza la exportación para así poder hacer uso de los datos históricos y con ello realizar una predicción por medio de forecast [4], en la herramienta de Business Intelligence Power BI.

Módulo Calendarización

Ante este caso la librería **CALENDAR**, propia del lenguaje Java, permitió definir un formato para manipular fechas con el formato «Día/mes/año», hecho lo anterior, se invocó un método cuya tarea fue convertir el formato a un tipo fecha y posterior a ello almacenarlo en un *array* definido previamente. La forma en cómo se guardan los eventos es mediante la función **AGREGAR_EVENTO**, que recibe cómo parámetros el día, mes y año. Los eventos son agregados a un *ARRAY* dinámico, mediante el método **SET**, los datos también se guardan en una tabla de la base de datos

internos. En una segunda pantalla, mediante consultas **SELECT** se muestra el listado de las actividades y con ello, la posibilidad de Eliminar o editar alguna característica del evento.

Figura 2. Diagrama de flujo, registrar un nuevo evento en el módulo de calendarización

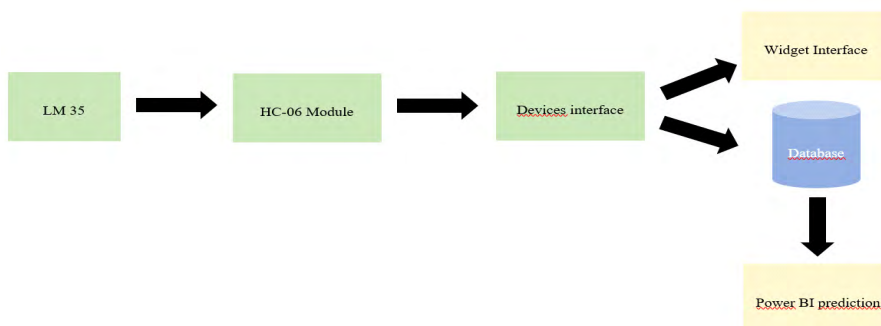
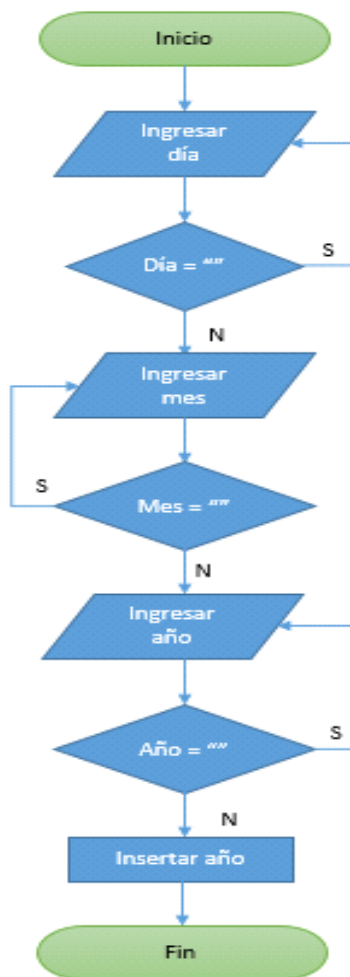


Figura 1. Proceso de envío-recepción de datos vía Bluetooth en Android

Módulo detección de plagas

Para la clasificación de plagas que pueden afectar la planta de Crisantemo, se recabó información relevante sobre las familias de plagas y sus características morfológicas, tomando como referencia las plagas de mayor impacto dentro de los cultivos de Crisantemo [5].

Tabla 1. Clasificación de plagas de mayor impacto en los cultivos de Crisantemo

Nombre común	Nombre científico
Araña Roja	<i>Tetranychus urticae</i> Koch
Trips	<i>Frankliniella spp</i>
Nematodo foliar	<i>Aphelenchoides ritsemabosi</i>
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>
Minador de la hoja	<i>Liriomyza trifolii</i>

Nota. Adaptado de «Problemas fitosanitarios del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev), Var. Polaris en el municipio de villa gro., Estado De México» (p.23-61), por J. Vázquez, Universidad Autónoma del Estado de México.

El reconocimiento de patrones mediante aprendizaje automático fue la técnica que se implementó para poder clasificar las diferentes plagas. La herramienta de Google Teachable Machine permitió crear los modelos necesarios, con base en las muestras recolectadas de plantas de Crisantemo, por un lado, se ingresaron entre 50 y 60 muestras de hoja saludable, de igual manera el mismo número

de muestras infectadas fueron ingresadas (Minador de hoja y Trips), con ello se lograron crear las clases necesarias y, por consiguiente, crear los modelos de aprendizaje [7, 8]. El modelo compatible con TENSORFLOW LITE permitió usar la integración de modelos basados en TENSORFLOW LITE, que ofrece Android Studio. Con base en el modelo, se procedió diseñar dos interfaces, en donde la primera pantalla es para dar acceso a la cámara del teléfono celular, la segunda, fue para poder tomar una muestra fotográfica de la planta en cuestión. Mediante el uso de vectores y ciclos, se puede realizar la comparativa de la muestra, con el modelo cargado.

Resultados/ Discusión de resultados

Captura de datos, monitoreo de temperatura

Los valores censados a lo largo de 20 días, en dos meses diferentes, fueron referencia para conocer el comportamiento de la temperatura en ambiente controlado. Resultaron diferencias marcadas en horarios similares, factores externos cómo el estado general del clima e internos, cómo la iluminación influyó en la variación de valores.

Los valores por temperatura resultaron oscilar entre los 17° C y los 18° C, tomando muestras en diferentes horas a lo largo del día. Con base en los muestreos obtenidos, es posible realizar una predicción a corto plazo sobre el comportamiento de la temperatura, tomando como

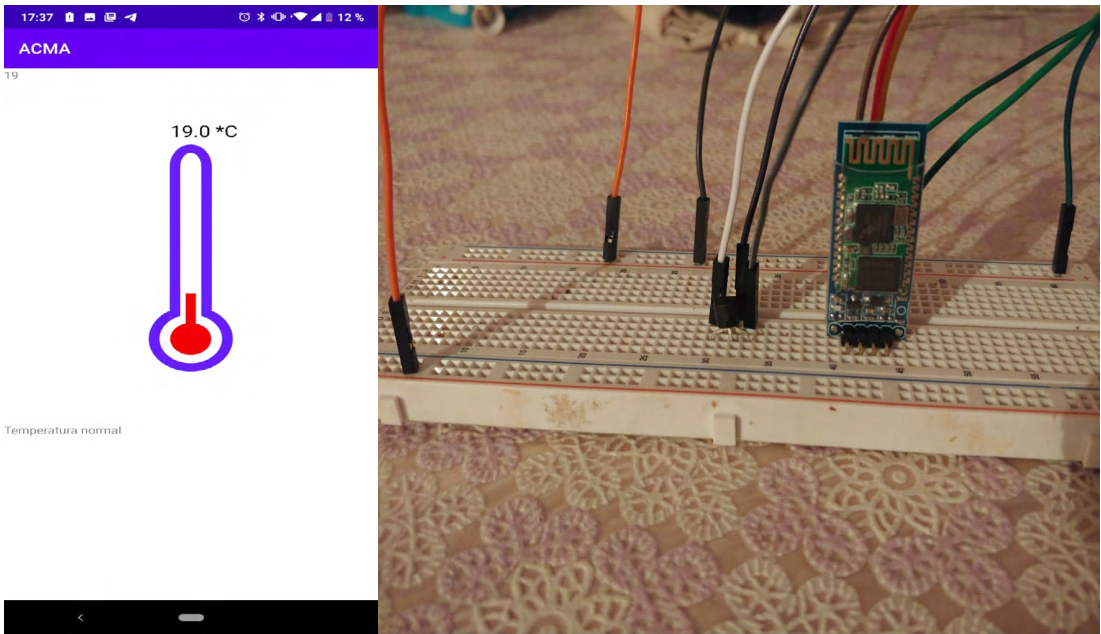
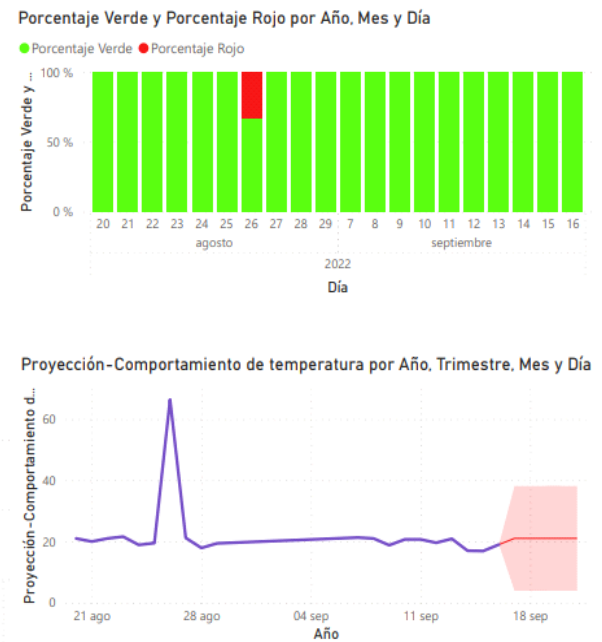


Figura 3. Pantalla interfaz de medida de temperatura y sensor

referencia las mediciones de agosto y octubre, cuando la temperatura no suele variar demasiado, salvo en algunas mediciones, en dónde puede existe una medición incorrecta, esto sucedió una vez de entre 600 muestras tomadas (para la interpretación de resultados, se tomó un cierto rango de muestras); esto es un 0.16 % de probabilidad de que se mida un valor de forma incorrecta.

Figura 4. Porcentaje de error y confianza en mediciones de temperatura (a), proyección de temperatura (b)



Registro de eventos

Figura 5. Pantalla de selección de fecha (a), pantalla de registro de evento (b) y pantalla de lista de eventos (c)

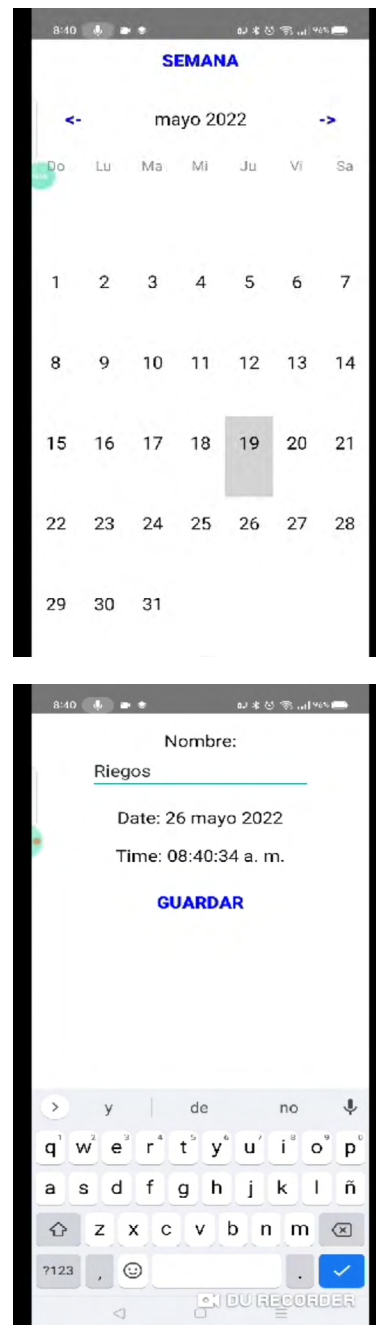




Tabla 2. Listado de pruebas llevadas a cabo para verificación de módulo

Acción	Número de pruebas
Registrar	166
Editar	34
Eliminar	22

Detección de plagas

De toda la población de muestras recopiladas, la gran mayoría resultó positivo a Trips, siendo esta una de las plagas más predominantes en los cultivos, teniendo presencia desde una etapa temprana del cultivo. El promedio de porcentaje de confianza de la evaluación de la plaga Trips se ubicó en un 94 %, mostrando un alto porcentaje de confiabilidad, siempre por encima del 60 % en todos los casos.

Tabla 3. Resultados de pruebas en módulo de detección de plagas

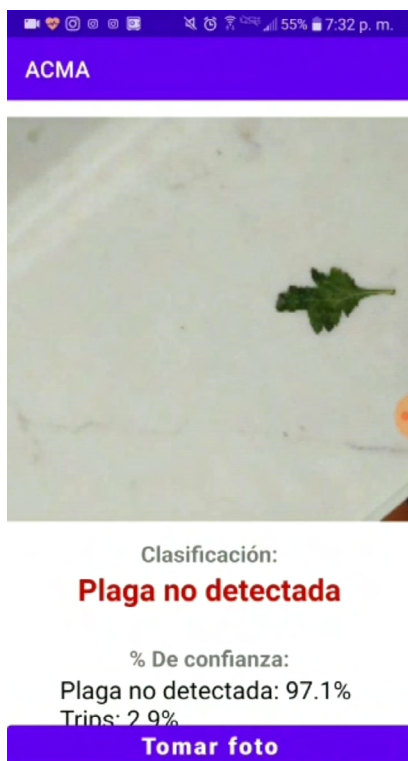
Nombre común	Nombre científico	Detecciones	Promedio % de confianza
Araña Roja	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Sin registros aún	-----
Trips	<i>Frankliniella</i> spp	45	94 %

Nematodo foliar	<i>Aphelenchoides ritsemabosi</i>	Sin registros aún	-----
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Sin registros aún	-----
Minador de la hoja	<i>Liriomyza trifolii</i>	Sin registros aún	-----

La clasificación se llevó a cabo en todas las etapas de cultivo, desde la fase inicial, hasta la etapa previa a la cosecha, registrando el mismo porcentaje de confianza.

Figura 6. Detección de plaga (a), sin detección de plaga (b)





Conclusiones

El registro de temperatura demostró tener una tendencia similar en mediciones que coincidían en horas y factores externos e internos, pudiendo así formar un buen intervalo de confianza y proyecciones con altas probabilidades de cumplirse, la probabilidad de un dato mal medido es relativamente baja menor al 1 %. La calendarización no parece tener ningún inconveniente para ser explotado al cien por ciento. La clasificación de plagas demostró ser altamente eficaz y confiable para la denominada Trips, al no contar con registros de alguna otra, es aún una incógnita cuál será el comportamiento del modelo de aprendizaje automático, sin embargo, se espera que los resultados sean bastante similares en cuanto a confianza y eficacia se refiere. Los efectos de implementar los módulos en los cultivos de Crisantemos se verán reflejados en un corto y mediano plazo, ayudando a mejorar las características de los mismos.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Se pretende continuar mejorando y optimizando el proyecto. De igual manera, plantear el uso de tecnologías de un mayor alcance y precisión, que garanticen proporcionar un producto de bajo costo y alto grado de certeza.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por nuestra asesora Maria Petra Paredes Xochihua, quien guió gran parte del camino, así como sugerencias y consejos que mejoraron el trabajo.

Referencias

- [1] B. Swapna, & C. Andar, & S. Manivannan, & N. JayaKrishna, & K. Samba Siva Rao (2020). IoT based light intensity and temperature monitoring system for plants. *Materials Today: Proceedings*, Volume 33, Part 7, 2020, p. 3409-3412, doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.269.
- [2] Albara, Al-Khowarizmi, & Riyan Pradesyah. (2021). Power Business Intelligence in the Data Science Visualization Process to Forecast CPO Prices. *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(6), 2198-2208. doi: 10.46729/ijstm.v2i6.403
- [3] Zhan, H., Chen, H., & Wu, W. (2015). The wireless data acquisition system based on Android system. In *4th International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering* (pp. 1056-1059). Atlantis Press.
- [4] Shi, H., Ji, X., & Li, H. (2018). Application of SQLite Database in Dispatch and Substation Integrated System. In *2018 2nd International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2018)* (pp. 24-26). Atlantis Press. doi: 10.2991/iceea-18.2018.6
- [5] Vazquez Guadarrama, J. G. (2016). Problemas fitosanitarios del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev), Var. Polaris en el municipio de villa gro., Estado De México. doi: 20.500.11799/65694
- [6] D. Agustian, & P. P. G. P. Pertama, & P. N. Crisnapati & P. D. (2021). Novayanti, «Implementation of Machine Learning Using Google's Teachable Machine Based on Android.» *2021 3rd International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)*, 2021, p. 1-7, doi: 10.1109/ICORIS52787.2021.9649528
- [7] Fatimah, K. & Abdullah, Azfar & Abdullah, Lili. (2022). SMARTFLORA Mobile Flower Recognition Application Using Machine Learning Tools. 204-209. 10.1109/CSPA55076.2022.9781961.
- [8] Urbe Económica. (2022). Puebla es 2o en producción de rosas y crisantemos y 1o en gladiolas. (2022). Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://www.urbeconomica.com.mx/sectores-economicos/agropecuaria/33331-puebla-es-2-en-produccion-de-rosas-y-crisantemos-y-1-en-gladiolas>
- [9] Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, de Agricultura y Desarrollo Rural. (s/f). Plagas y enfermedades de los crisantemos..
- [10] Gobierno de México. (2022). Abasto garantizado de flor de cempasúchil, terciopelo, crisantemo y nube para esta temporada de Día de Muertos. Recuperado el 15 de octubre de 2022, de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/abasto-garantizado-de-flor-de-zempoalxochitl-terciopelo-crisantemo-y-nube-para-esta-temporada-de-dia-de-muertos>

Obtención de microcápsulas con extracto de muicle (*Justicia Spicigera*) mediante la técnica de extrusión por goteo

^aGil Gutiérrez Sarai* y ^aCid Ortega Sandro

^aUniversidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Programa Educativo de Ingeniería en Procesos Alimentarios.
Prolongación Reforma No. 168, Barrio de Santiago Mihuacán 74420, Izúcar de Matamoros, Puebla, México

*saraigutierrez105@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue obtener microcápsulas de alginato de sodio con extracto de muicle, mediante gelificación iónica externa y utilizando la técnica de extrusión por goteo, así como evaluar sus propiedades antioxidantes. Se utilizaron hojas de muicle (*Justicia spicigera*) de la región de Izúcar de Matamoros, Puebla. Se determinó el contenido de fenoles totales (FT), flavonoides totales (FLT) y capacidad antioxidante (CA) al extracto de muicle. Para la obtención de microcápsulas se utilizó un diseño factorial 2x2, dos concentraciones de alginato de sodio (2 y 3 %) y dos concentraciones de CaCl_2 (2 y 3 %). La relación alginato:extracto se mantuvo constante (3:1 v/v). El contenido de FT, FLT y CA, en 100 ml de extracto de muicle, fue

de 271.45 ± 24.19 mg EAG (Equivalentes de ácido gálico), 336.37 ± 29.58 mg EQ (Equivalentes de quercetina) y 55.10 ± 0.67 mg ET (Equivalentes de trolox), respectivamente, con una capacidad de inhibición del DPPH de 68.79 ± 0.68 %. La combinación de alginato de sodio al 2 % y CaCl_2 al 2 % proporcionó los mejores resultados respecto al contenido de TP y TF (1.56 ± 0.16 mg EAG/g y 1.45 ± 0.01 mg EQ/g, respectivamente), con una eficiencia promedio de 52 %. Las microcápsulas con extracto de muicle son una alternativa para el desarrollo de alimentos funcionales.

Palabras clave: *Justicia spicigera*, Microcápsulas, Extracto de muicle, Propiedades antioxidantes.

Abstract

This work aimed to obtain microcapsules of sodium alginate with muicle extract, using external ionic gelation and using the drip extrusion technique, as well as to evaluate its antioxidant properties. Muicle leaves (*Justicia spicigera*) from Izúcar de Matamoros region, Puebla, were used. The content of total phenols (TP), total flavonoids (TF), and antioxidant capacity (AC) of the muicle extract, were assessed. To obtain microcapsules, a 2x2 factorial design was used, with two concentrations of sodium alginate (2 and 3 %) and two concentrations of CaCl_2 (2 and 3 %). The alginate:extract ratio was kept constant (3:1 v/v). The content of TP, TF, and AC, in 100 ml of muicle extract was 271.45 ± 24.19 mg GAE (Gallic acid

equivalents), 336.37 ± 29.58 mg QE (Quercetin equivalents), and 55.10 ± 0.67 mg TE (Trolox equivalents), respectively, with a DPPH inhibition capacity of 68.79 ± 0.68 %. The combination of 2 % sodium alginate and 2 % CaCl_2 provides the best results on the TP and TF content (1.56 ± 0.16 mg EAG/g and 1.45 ± 0.01 mg EQ/g, respectively), with an average efficiency of 52 %. Therefore microcapsules with muicle extract are an alternative for developing functional foods.

Keywords: *Justicia spicigera*, Microcapsules, Muicle extract, Antioxidant properties.

- CA, capacidad antioxidante
- DPPH, 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo
- EAG, equivalentes de ácido gálico
- EQ, equivalentes de quercetina
- ET, equivalentes de trolox
- FT, fenoles totales
- FLT, flavonoides totales
- M, concentración molar
- rpm, revoluciones por minuto
- °Bx, grados brix

Introducción

En la actualidad, las personas están más preocupadas por llevar una vida saludable, buscando el consumo de compuestos bioactivos o alimentos funcionales que impacten directamente en la salud, como los antioxidantes que se encuentran en las frutas y verduras (Castro-Alatorre *et al.*, 2021). El desarrollo de alimentos funcionales ha demostrado ser una buena estrategia para la industria, mejorando sus productos mediante la incorporación de compuestos bioactivos, como antioxidantes, vitaminas, microorganismos probióticos y fibra. México es un país donde la medicina tradicional sigue teniendo un papel importante en el cuidado y preservación de la salud, por lo que las plantas medicinales ofrecen posibilidades para descubrir moléculas con actividad antimicrobiana (Vega-Avila *et al.*, 2012). *Justicia spicigera* (muicle como nombre común) es una planta endémica de Mesoamérica que crece en México, perteneciente a la familia Acanthaceae. Se trata de un arbusto verde con flores tubulares de color naranja. En los pueblos maya se le conoce como «ych-kaan», pero los nombres más comunes son «hierba azul» y «hierba tinta»

debido al color oscuro de sus preparaciones acuosas, que van del rojo al azul oscuro.

En México ha sido utilizada desde la época prehispánica en la medicina tradicional para el tratamiento de disentería, diabetes, leucemia y anemia. Esta planta también se usa por sus efectos antialgésicos contra el dolor de cabeza, hipertensión, epilepsia, dolor de estómago, diarrea, cáncer, enfermedades circulatorias, nervios, reumatismo e inflamación de estómago (Awad *et al.*, 2018). Diversas investigaciones demuestran que los extractos de las hojas de *J. spicigera* poseen propiedades antioxidantes (Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2009), anticancerígenas (Alonso-Castro *et al.*, 2013), antidiabéticas (Girón-Cruz, 2015; Ortiz-Andrade *et al.*, 2012) y antidepresivas (Cassani *et al.*, 2014). Estas propiedades se deben a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, principalmente glucósidos del kaempferol, siendo los más importantes kaempferitrina (Kaempferol-3,7-diramnósido; 574.20 ± 65.10 mg/100 g de muestra seca) y astragalina (kaempferol-3- β -D-glucopiranosido; 113.10 ± 15.06 mg/100 g de muestra seca) (Nazira-Sarian *et al.*, 2017; Cid-Ortega *et al.*, 2021). Los principales flavonoles que se encuentran en la mayoría de los vegetales son la quercetina y el kaempferol; se ha sugerido un efecto

sinérgico de estos compuestos en la reducción de células cancerosas (Ackland *et al.*, 2005).

La ingesta regular de antioxidantes se ha convertido en una necesidad para lograr la prevención de algunas enfermedades (Aguirre-Calvo y Santagapita, 2017). Sin embargo, la incorporación de ingredientes funcionales en los alimentos suele verse limitada por su inestabilidad durante el procesamiento y el almacenamiento. Por lo tanto, encontrar una manera de obtener una entrega natural y eficaz al cuerpo humano se ha convertido en uno de los principales objetivos de la industria alimentaria. La protección de compuestos antioxidantes mediante encapsulación se ha vuelto importante en la formulación de alimentos funcionales (Castro-Alatorre *et al.*, 2021). Los procesos de encapsulación fueron desarrollados entre los años 1930 y 1940 por la National Cash Register para la aplicación comercial de un tinte a partir de gelatina como agente encapsulante mediante un proceso de coacervación. Las técnicas de encapsulación se han estudiado por sus notables efectos en la protección y conservación de alimentos durante su almacenamiento por un período prolongado de tiempo (Aguirre-Calvo y Santagapita, 2017). La microencapsulación es una técnica que consiste en transformar los alimentos de forma líquida a sólida. Se utiliza en la industria alimentaria para proteger los ingredientes alimentarios funcionales y compuestos bioactivos de la evaporación, oxidación, degradación, pérdida de volátiles y disminución de la estabilidad y vida útil (Castro-Alatorre *et al.*, 2021). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue obtener microcápsulas de alginato con extracto de muicle, mediante gelificación iónica externa y utilizando la técnica de extrusión por goteo, así como evaluar sus propiedades antioxidantes.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se utilizaron hojas de muicle (*Justicia spicigera*) de la región de Izúcar de Matamoros, Puebla. Las hojas fueron seleccionadas, lavadas y secadas a temperatura ambiente ($31 \pm 1^\circ \text{C}$; humedad relativa de $75 \pm 7\%$) hasta una humedad menor al 10 %. Las hojas secas se molieron en un molino pulverizador de acero inoxidable marca Veyco modelo MPV 100 (México) con malla de 0.5 mm. El polvo obtenido se hizo pasar por una malla Tyler No. 14 (1.4 mm de luz) y se almacenó en bolsas herméticas. Se determinó su contenido de humedad, actividad de agua y pH. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Propiedades fisicoquímicas

Humedad

Se determinó de acuerdo al método de la norma oficial mexicana NOM-116-SSA1 (1994). La muestra se deshidrató

a 100°C durante 4 horas a presión atmosférica en un horno de secado digital (Novatech HS35-ED, Quimilab Inc. Tlaquepaque, Jalisco, México).

Actividad de agua (a_w)

Se realizó utilizando un higrómetro AQUA-LAB modelo 4TE (Decagon Devices Inc. Pullman, WA, USA) con control de temperatura interna ($15-50 \pm 0.2^\circ \text{C}$). El equipo se calibró con soluciones estándar de NaCl 6.0 M ($a_w = 0.76 \pm 0.003$) y LiCl 8.57 M ($a_w = 0.50 \pm 0.003$) (Decagon Devices Inc. 2008). La temperatura de medición fue de $25 \pm 0.01^\circ \text{C}$.

pH

Se realizó de acuerdo al método 10.035 de la AOAC (1980). Se utilizaron 5 g de muestra, a los cuales se les adicionaron 10 ml de agua destilada, se mezcló hasta obtener una pasta uniforme y se introdujo el electrodo directamente de manera que lo cubriera perfectamente. El potenciómetro (Conductronic pH 120, Conductronic S. A. Puebla, México) se calibró con soluciones reguladoras de pH 4, 7 y 10.

Sólidos solubles totales (SST)

Se determinaron de acuerdo al método 932.14C de la AOAC (1995), mediante un refractómetro manual Atago modelo Master-M (Atago Co. LTD, Tokio, Japón) con una escala de $0-32^\circ \text{Bx}$. Las lecturas se corrigieron a 20°C , utilizando los valores establecidos en las tablas de referencia del AOAC (1995).

Propiedades antioxidantes

Obtención de extractos

Las extracciones se realizaron a reflujo en un equipo de extracción múltiple (modelo 5000, Lab-Line Instruments, Inc. IL, EE.UU.), utilizando 1 g de polvo seco en 50 ml de etanol (0.02 g/ml) (Baquero-Peña y Guerrero-Beltrán, 2017) al 50 % p/p, a una temperatura de 60°C , durante 45 min. Las mezclas se filtraron a través de papel filtro Whatman No. 4 y se colocaron en matraces de 50 ml, forrados con papel aluminio. Posteriormente, el etanol fue removido utilizando un rota-evaporador RV 8 V (IKA, Suecia) a una temperatura de $55 \pm 1^\circ \text{C}$ y presión de vacío de 54 cmHg (Cid-Ortega y Guerrero-Beltrán, 2014). Los extractos se almacenaron en refrigeración (4°C) en frascos forrados con papel aluminio para su posterior análisis.

Contenido de fenoles totales

Se determinó mediante el método espectrofotométrico desarrollado por Folin y Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). En un tubo de ensayo (cubierto con papel aluminio) se

colocaron 5 µL de extracto de muicle (o 1000 µL del extracto de microcápsulas), 3 ml de agua destilada, 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu, 750 µL de Na₂CO₃ al 20 % y se aforó con agua destilada (995 µL) a 5 ml. Se agitó durante 30 segundos en un Vortex (Thermolyne M37615, Iowa, EE. UU.) y se dejó reposar 1 hora a temperatura ambiente (29 ± 2 °C) en la oscuridad. Posteriormente se midió la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro UV-visible Jenway 7315 (Bibby Scientific Ltd, Stone, Staffs, Reino Unido). En cada determinación se realizaron curvas estándar por duplicado a diferentes concentraciones de ácido gálico (98.5 %, Sigma): 0, 0.0080, 0.0160, 0.0240, 0.0320, 0.0400, 0.0480, 0.0560 y 0.0640 mg. La curva estándar fue: $Abs = 25.83 \pm 2.95 (1/mg \text{ EAG}) * X (mg \text{ EAG}) + 0.03 \pm 0.01$, $R^2 = 0.997 \pm 0.003$. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG) en 1 g de hojas secas o en 1 g de microcápsulas.

Contenido de flavonoides totales

Se realizó de acuerdo al método descrito por Nanasombat *et al.* (2015) con algunas modificaciones. El extracto de muicle (10 µL) o extracto de microcápsulas (3000 µL) se mezcló con 1.25 ml de agua destilada y 75 µL de NaNO₂ (5 %, p/p). Después de 5 min, se agregaron 150 µL de AlCl₃ (10 %, p/p), se mezclaron y se dejó reposar por 6 min. Posteriormente, se adicionaron 500 µL de NaOH (1 M) y se ajustó el volumen final a 4 ml con agua destilada. La mezcla se agitó durante 30 segundos en un Vortex (Thermolyne M37615, Iowa, EE. UU.) e inmediatamente se midió la absorbancia a 510 nm utilizando un blanco para ajustar el equipo a cero. Se utilizó un espectrofotómetro UV-visible Jenway 7315 (Bibby Scientific Ltd, Stone, Staffs, Reino Unido). En cada determinación se realizaron curvas estándar por duplicado a diferentes concentraciones de quercetina (95 %, Sigma): 0, 0.020, 0.060, 0.100, 0.140, 0.180, 0.220, 0.260 y 0.300 mg. La curva estándar fue: $Abs = 1.52 \pm 0.42 (1/mg \text{ EQ}) * X (mg \text{ EQ}) + 0.0010 \pm 0.019$, $R^2 = 0.973 \pm 0.022$. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de quercetina (EQ) en 1 g de hojas secas o en 1 g de microcápsulas.

Capacidad antioxidante

Se utilizó el método del DPPH (1,1-Difenil-2-picrilhidrazil) desarrollado por Brand-Williams *et al.* (1995) con algunas modificaciones (Molyneux, 2004; Esmaeili *et al.*, 2015). Se realizó una dilución 1:10 del extracto con agua destilada, posteriormente se tomaron 300 µL de la dilución y se mezcló en un tubo de ensayo (cubierto con papel aluminio) con 1.7 ml de etanol (99.5 %) y 2 ml de solución de DPPH (3.9 mg en 100 ml de etanol al 99.5 %). Se agitó durante 30 segundos en un Vortex (Thermolyne M37615, Iowa, EE. UU.) y se dejó reposar 30 min a temperatura ambiente (29 ± 2 °C) en la oscuridad. La absorbancia se midió a 517

nm en un espectrofotómetro UV-visible Jenway 7315 (Bibby Scientific Ltd, Stone, Staffs, Reino Unido). La capacidad antioxidante fue calculada como porcentaje de inhibición de acuerdo a la siguiente ecuación: $I (\%) = [1 - (Absorbancia \text{ de la muestra} / Absorbancia \text{ del control})] * 100$. En cada determinación se realizaron curvas estándar por duplicado a diferentes concentraciones de Trolox (6-hidroxi-2, 5, 7, 8 tetrametilcromo-2 ácido carboxílico al 97 %, Aldrich): 0, 0.007, 0.011, 0.014, 0.018, 0.022, 0.025 y 0.029 mg. La curva estándar fue: $I (\%) = 3334.62 \pm 63.96 (1/mg \text{ ET}) * X (mg \text{ ET}) + 12.46 \pm 5.21$, $R^2 = 0.895 \pm 0.05$. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de Trolox (ET) en 1 g de hojas secas.

Obtención de microcápsulas con extracto de muicle

Se utilizó un diseño factorial 2x2, dos concentraciones de alginato de sodio (2 y 3 %) y dos concentraciones de CaCl₂ (2 y 3 %). La relación alginato:extracto se mantuvo constante y fue de 3:1 (v/v). La elaboración de microcápsulas se realizó mediante gelificación iónica externa y utilizando la técnica de extrusión por goteo. La solución de alginato de sodio (2 y 3 % p/p) (Wong *et al.*, 2011; Yan *et al.*, 2014; Lim y Ahmad, 2017; Tan *et al.*, 2018; Aguirre-Calvo y Santagapita, 2019), una vez preparada, se mantuvo en agitación por 4 h y se dejó reposar hasta el día siguiente. La extrusión de la mezcla alginato-extracto se realizó utilizando una jeringa de 10 ml con aguja de 27 g (0.4 mm de diámetro interno y 40 mm de longitud) y una velocidad promedio de 92 microcápsulas/min. La distancia entre la solución gelificante (CaCl₂ al 2 y 3 %, p/p) y la punta de la aguja se mantuvo a 5 cm (Boon-Beng *et al.*, 2013). Para evitar la deformación de las microcápsulas, se adicionó Tween 80 a la solución de CaCl₂ a una concentración de 0.5 % (Boon-Beng *et al.*, 2013). El tiempo de gelificación de las microcápsulas fue de 30 min. Se recomienda un tiempo mínimo de 15 min y máximo de 60 min, ya que tiempos de gelificación mayores forman microcápsulas más rígidas y reducen su diámetro (Boon-Beng *et al.*, 2013).

Análisis de las propiedades antioxidantes en microcápsulas

Las microcápsulas obtenidas se dejaron en 10 ml de solución de citrato de sodio al 3 % durante 16 h en refrigeración (5 °C). Posteriormente, la mezcla se agitó (700 a 800 rpm) por 30 min, se adicionaron 10 ml de etanol absoluto (99.5 %) y se agitó (600 a 700 rpm) por 15 min. La mezcla se dejó reposar en refrigeración por 30 min con el objetivo de separar el alginato de sodio. A continuación, la mezcla se hizo pasar por una malla de 0.5 mm, se realizó un lavado con 5 ml de etanol absoluto (99.5 %) y, por último, se filtró mediante papel filtro Whatman No. 41. El filtrado obtenido se ajustó a un volumen de 20 ml con etanol absoluto (99.5 %). Las muestras se colocaron en viales de 12 ml

forrados con aluminio y se almacenaron a temperatura de 5 °C hasta el día siguiente. Posteriormente las muestras se decantaron, con el objetivo de eliminar el precipitado que se forma y se colocaron en una centrífuga (Hermle modelo Z 323, Alemania) durante 15 min a 5500 rpm. Finalmente, se determinó el contenido de fenoles y flavonoides totales.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía para determinar el efecto de la concentración de alginato de sodio (2 y 3 %) y cloruro de calcio (CaCl₂) (2 y 3 %), en la elaboración de microcápsulas. Para establecer diferencias entre los tratamientos, se realizó una comparación múltiple de Tukey, utilizando el software MINITAB® versión 17.1.0 (Minitab Inc., 2013). Todos los ensayos se realizaron por triplicado. Las diferencias se consideraron significativas a valores de $p \leq 0.05$.

Resultados/ Discusión de resultados

Propiedades fisicoquímicas

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas en muicle en polvo y el extracto de muicle.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas en muicle en polvo y extracto

Variable	Muicle en polvo	Extracto de muicle
Humedad (%)	7.31 ± 0.13	-
pH	7.64 ± 0.01	6.60 ± 0.01
a _w	0.40 ± 0.01	-
SST (°Bx)	-	5.24 ± 0.04

SST = Sólidos Solubles Totales.

Propiedades antioxidantes

Las propiedades antioxidantes en muicle y extracto se muestran en la Tabla 2. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios que poseen una amplia gama de efectos benéficos a la salud, tales como actividad antirradicalar, antiviral, antitumoral, antidiabética y contra enfermedades cardiovasculares. Los flavonoides poseen propiedades biológicas tales como, actividad antimicrobiana, antiulcerosa, antiinflamatoria, antiespasmódica, entre otras (Girón-Cruz, 2015). De acuerdo a resultados obtenidos por Girón-Cruz (2015), el contenido de fenoles y flavonoides totales en extracto de muicle fue de 220.72 ± 8.98 mg EAG/100 mL y 391.25 ± 6.79 mg EQ/100 mL, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos en este trabajo. Las curvas estándar realizadas para la determinación de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en extracto de muicle y microcápsulas se muestran en la Figura 1.

Tabla 2. Propiedades antioxidantes en muicle (*J. spicigera*) y extracto de muicle

Variable	Muicle en polvo (mg/g)	Extracto de muicle (mg/100 ml)
Fenoles totales (EAG)	146.42 ± 13.05	271.45 ± 24.19
Flavonoides totales (EQ)	181.44 ± 15.96	336.37 ± 29.58
Capacidad antioxidante (ET)	29.72 ± 0.36	55.10 ± 0.67
Inhibición de DPPH	68.79 ± 0.68 %	

Los valores representan la media ± desviación estándar. EAG = Equivalentes de ácido gálico. EQ = Equivalentes de quercetina. ET = Equivalentes de trolox.

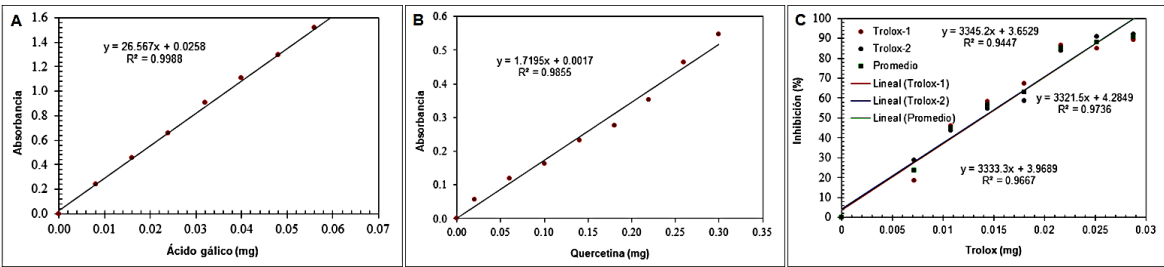


Figura 1. Curvas para los diferentes estándares. (A) Ácido gálico. (B) Quercetina. (C) Trolox

Evaluación del proceso de microencapsulación

El contenido de fenoles y flavonoides totales en las microcápsulas se muestra en la Tabla 3. Con respecto al contenido de fenoles, la mayor cantidad se obtuvo en el tratamiento 1 y 4. Para el contenido de flavonoides no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

Lo anterior se puede observar en la Figura 2. Con respecto a la eficiencia (retención de fenoles y flavonoides totales en microcápsulas con extracto de muicle) de los tratamientos, se puede observar (Figura 3) que el tratamiento 3 mostró la mayor eficiencia, tanto para fenoles como para flavonoides. Sin embargo, la cantidad de estos compuestos en las microcápsulas fue menor a los demás tratamientos. En lo referente a las propiedades físicas de las microcápsulas (peso y diámetro) (Tabla 3), el tratamiento con 3 % de alginato y 2 % CaCl_2 (T3) proporcionó microcápsulas con mayor diámetro y peso. Considerando el contenido de fenoles y flavonoides totales en las microcápsulas, el tratamiento 1 (T1) fue el mejor (1.56 ± 0.16 mg EAG/g y 1.45 ± 0.01 mg EQ/g), teniendo una eficiencia de 59 y 44 % para el contenido de fenoles y flavonoides totales, respectivamente.

Figura 2. Contenido de fenoles y flavonoides totales en microcápsulas con extracto de muicle. Las barras con diferente letra presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

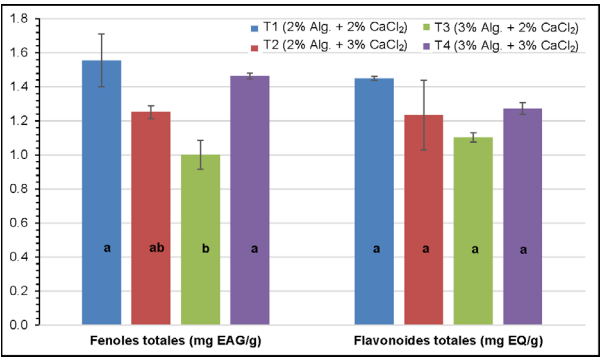
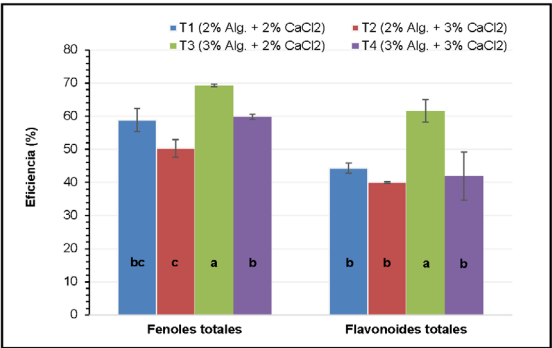


Figura 3. Eficiencia del proceso de microencapsulación de los diferentes tratamientos. Las barras con diferente letra presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)



Tratamiento	Peso (g)	Diámetro (mm)	Cantidad de fenoles totales (mg EAG/g)	Cantidad de flavonoides totales (mg EQ/g)	Eficiencia en fenoles totales (%) ¹	Eficiencia en flavonoides totales (%) ¹
1	0.343 ± 0.014	0.231 ± 0.001	1.56 ± 0.16	1.45 ± 0.01	58.85 ± 3.49	44.35 ± 1.47
2	0.364 ± 0.006	0.207 ± 0.001	1.25 ± 0.09	1.23 ± 0.03	50.32 ± 2.62	39.86 ± 0.01
3	0.626 ± 0.015	0.254 ± 0.001	1.00 ± 0.02	1.10 ± 0.03	69.25 ± 0.44	61.64 ± 3.42
4	0.370 ± 0.005 0.229 ± 0.001		1.46 ± 0.04	1.27 ± 0.20	59.78 ± 0.73	41.97 ± 7.28

¹Corresponde a la cantidad retenida en la microcápsula con respecto a la cantidad utilizada en la mezcla. EAG = Equivalentes de ácido gálico. EQ = Equivalentes de quercetina.

Tabla 3. Propiedades físicas y antioxidantes en microcápsulas

Obtención de microcápsulas

De acuerdo a las pruebas realizadas, el proceso estandarizado para la obtención de microcápsulas se muestra en la Figura 4. Durante el proceso para la obtención de microcápsulas, se observó que durante la fase de mezclado entre el alginato de sodio y el extracto de muicle el pH es un parámetro que influye en una buena incorporación de ambas mezclas. El pH indica la concentración de iones hidronio en una solución acuosa, su determinación es importante en la estabilidad del alginato de sodio, debido a que a valores de pH ácidos se registra una despolimerización del alginato y por consecuencia una estructura protectora débil. En soluciones con valores de pH de 4 e inferiores, se presentan problemas en la gelificación debido a la conversión del alginato en ácido algínico (Lara-Fiallos *et al.*, 2019).

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de las propiedades antioxidantes, el muicle (*J. spicigera*) es una planta que posee cantidades significativas de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales tienen un papel importante en la salud, ya que disminuyen el riesgo de enfermedades crónicas, tales como enfermedades cardiovasculares y cáncer. Además, estos compuestos proporcionan diversas propiedades antioxidantes, anticancerígenas y antidiabéticas, lo cual explica el uso de esta planta en la medicina tradicional mexicana para el tratamiento de enfermedades infecciosas. El mejor tratamiento de microencapsulación fue el T1. La combinación de alginato de sodio al 2 % y CaCl_2 al 2 % proporcionó los mejores resultados respecto al contenido de fenoles y flavonoides totales (1.56 ± 0.16 mg

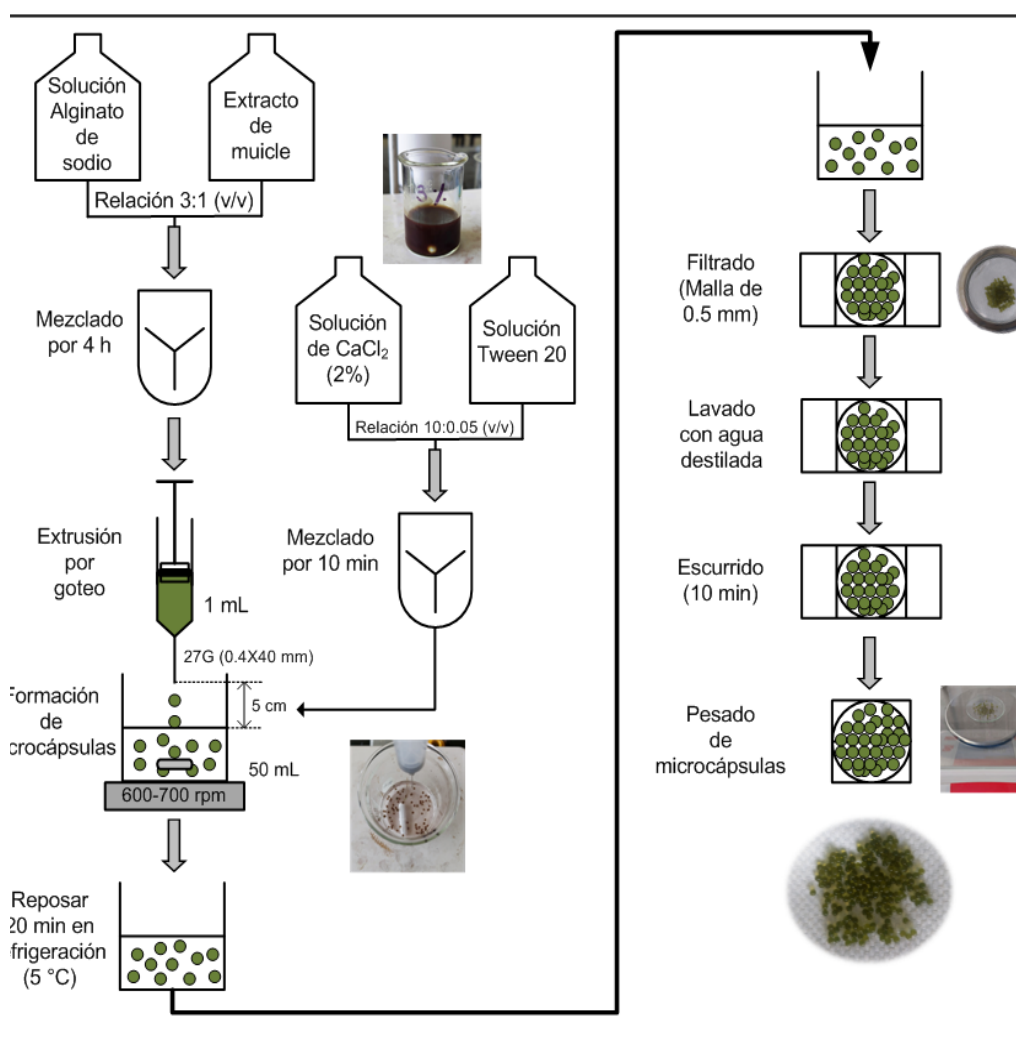


Figura 4. Metodología para la obtención de microcápsulas de alginato de sodio con extracto de muicle

EAG/g y 1.45 ± 0.01 mg EQ/g, respectivamente), con una eficiencia promedio del 52 %. Por lo tanto, las microcápsulas con extracto de muicle son una alternativa para el desarrollo de alimentos funcionales.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Realizar más pruebas del proceso de microencapsulación con el objetivo de aumentar la eficiencia (retención del contenido de fenoles y flavonoides totales) en las microcápsulas, así como su aplicación y evaluación en alimentos (yogur, bebidas, mermeladas, entre otros).

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, proporcionando los laboratorios, materiales y reactivos necesarios para los experimentos, así como la obtención del título de TSU de la alumna Sarai Gil Gutiérrez.

Referencias bibliográficas

- Ackland, M. L., Van de Waarsenburg, S. & Jones, R. (2005). Synergistic anti-proliferative action of the flavonols quercetin and kaempferol in cultured human cancer cell lines. *In vivo*, 19, 69-76.
- Aguirre-Calvo T. R. & Santagapita P. R. (2019). Freezing and drying of pink grapefruit-lycopene encapsulated in Ca(II)-alginate beads containing galactomannans. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 3264-3271.
- Aguirre-Calvo, T. R. & Santagapita, P. R. (2017). Encapsulation of a free-solvent extract of lycopene in alginate-Ca(II) beads containing sugars and biopolymers. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(16), 1-8.
- Alonso-Castro A. J., Ortiz-Sánchez E., García-Regalado A., Ruiz G., Núñez-Martínez J. M., González-Sánchez I., Quintanar-Jurado V., Morales-Sánchez E., Domínguez F., Cerbón M. A. & García-Carrancá A. (2013). Kaempferitrin induces apoptosis via intrinsic pathway in HeLa cells and exerts antitumor effects. *Journal of Ethnopharmacology*, 145, 476-489.
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis (14th ed.). Washington, D.C., USA: Association of Official Analytical Chemists. Inc.
- AOAC. (1980). Official Methods of Analysis (13th ed.). Washington, D. C., USA: Association of Official Analytical Chemists. Inc.
- Awad, N., Abdelkawy, M., Abdelrahman, E., Hamed, M. & Ramadan, N. (2018). Phytochemical and *in vitro* screening of *Justicia spicigera* ethanol extract for antioxidant activity and *in vivo* assessment against *Schistosoma mansoni* infection in mice. *Anti-Infective Agents*, 16(1), 49-56.
- Baqueiro-Peña, I. & Guerrero-Beltrán, J. A. (2017). Physicochemical and antioxidant characterization of *Justicia spicigera*. *Food Chemistry*, 218, 305-312.
- Boon-Beng, L., Pogaku, R. & Eng-Seng, C. (2013). Size and shape of calcium alginate beads produced by extrusion dripping. *Chemical Engineering Technology*, 36(10), 1627-1642.
- Brand-Williams W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28, 25-30.
- Cassani, J., Dorantes-Barrón, A. M., Novales, L. M., Real, G. A. & Estrada-Reyes, R. (2014). Anti-Depressant-Like effect of kaempferitrin isolated from *Justicia spicigera* Schltdl (Acanthaceae) in two behavior models in mice: evidence for the involvement of the serotonergic system. *Molecules*, 19, 21443-21444.
- Castro-Alatorre, N. C., Gallardo-Velázquez, T., Boyano-Orozco, L. C., Téllez-Medina, D. I., Meza-Márquez, O. G. & Osorio-Revilla, G. (2021). Extraction and microencapsulation of bioactive compounds from muicle (*Justicia spicigera*) and their use in the formulation of functional foods. *Foods*, 10, 1-2.
- Cid-Ortega, S. & Guerrero-Beltrán J. A. (2014). Roselle calyces particle size effect on the physicochemical and phytochemicals characteristics. *Journal of Food Research*, 3(5), 83-93.
- Cid-Ortega, S., Monroy-Rivera, J. A. & González-Ríos, Ó. (2021). Extraction of Kaempferitrin and Astragalin from *Justicia spicigera* by Supercritical Fluid Extraction and Its Comparison with Conventional Extraction. *Journal of Food Engineering and Technology*, 10(2), 35-44.
- Decagon Devices Inc. (2008). AquaLab water activity meter. Operator's manual for series 4TE, 4TEV, DUO (Version 7). Pullman, WA, Decagon Devices Inc.
- Esmaeili, A. K., Taha, R., Mohajer, S. & Banisalam, B. (2015). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoid content of various solvent extracts from *In Vivo* and *In Vitro* grown *Trifolium pratense* L. (red clover). *BioMed Research International*. Volume 2015, Article ID 643285.
- Girón-Cruz, N. (2015). Evaluación de la actividad antidiabética y antioxidante *in vitro* de extractos polares de *Justicia spicigera* y elucidación estructural de los compuestos fenólicos mayoritarios. Tesis de Maestría, Instituto de Agroindustrias de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca, México. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12884.pdf
- Lara-Fiallos, M. V., Ortega-Pelaez, V., Pérez-Martínez, A., País-Chanfrau, J., Nuñez-Pérez, J. & González-Suárez, E. (2019). Evaluación de pH, temperatura y concentración de alginato en el proceso de gelificación iónica del zumo natural de frutas. *Centro Azúcar*, 46, 55-60.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26, 211-219.
- Nanasombat S., Thonglong J. & Jitlakha J. (2015). Formulation and characterization of novel functional beverages with antioxidant and anti-acetylcholinesterase activities. *Functional Foods in Health and Disease*, 5(1), 1-16.
- Nazira-Sarian, M., Uddin-Ahmed, Q., Mat-So'ad, S. Z., Muhammad-Alhassan, A., Murugesu, S., Perumal, V., Syed-Mohamad, S. N. A., Khatib, A. & Latip, J. (2017). Antioxidant and antidiabetic effects of flavonoids: A structure-activity relationship based study. *BioMed Research International*. Volume 2017, Article ID 8386065.
- NOM-116-SSA1. (1994). Norma oficial mexicana. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. [Mexican standard. Determination of moisture in foods by heat treatment. Method for sand or gauze]. México, D. F.: Dirección General de Normas. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/116ssa14.html>
- Ortiz-Andrade, R., Cabañas-Wuan, A., Arana-Argáez, V. E., Alonso-Castro, A. J., Zapata-Bustos, R., Salazar-Olivo, L. A., Domínguez, F., Chávez, M., Carranza-Álvarez, C. & García-Carrancá, A. (2012). Antidiabetic effects of *Justicia spicigera* Schltdl (Acanthaceae). *Journal of Ethnopharmacol*, 143(2), 455-462.

- Sepúlveda-Jiménez, G., Reyna-Aquino, C., Chaires-Martínez, L., Bermúdez-Torres, K. & Rodríguez-Monroy, M., (2009). Antioxidant activity and content of phenolic compounds and flavonoids from *Justicia spicigera*. *Journal of Biological Sciences*, 9(6), 629-632.
- Singleton, V. L. & Rossi J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Vega-Avila, E., Tapia-Aguilar, R., Reyes-Chilpa, R., Guzmán-Gutiérrez, S. L., Pérez-Flores, J. & Velasco-Lezama, R. (2012). Actividad antibacteriana y antifúngica de *Justicia spicigera*. *Revista latinoamericana de química*, 40(2), 75-82.
- Yan, M., Liu, B., Jiao, X. & Qin, S. (2014). Preparation of phycocyanin microcapsules and its properties. *Food and Bioprocess Processing*, 92, 89-97.

Material de consulta

- Lim, G. P. & Ahmad, M. S. (2017). Development of Ca-alginate-chitosan microcapsules for encapsulation and controlled release of imidacloprid to control dengue outbreaks. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 56, 382-393.
- Tan, P. Y., Tan, T. B., Chang, H. W., Tey, B. T., Chan, E. S., Lai, O. M., Baharina, B. S., Imededdine Arbi Nehdi, I. A. & Tan, C. P. (2018). Effects of storage and yogurt matrix on the stability of tocotrienols encapsulated in chitosan-alginate microcapsules. *Food Chemistry*, 241, 79-85.
- Wong, Y. Y., Yuan, S. & Choong, C. (2011). Degradation of PEG and non-PEG alginate-chitosan microcapsules in different pH environments. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 2189-2197.

Secado por aspersión de kéfir enriquecido con almidón de plátano (*Musa paradisiaca*), como valorización de la leche bronca de Tehuacán, Puebla

^a Macedonio Correa Fernando Trigio, ^a García Elizalde Jehieli, ^a Carpintero Tepole Violeta*, ^a Juárez Mendoza Lucila, ^a Díaz Arriaga Francisco Ramón y ^b Vázquez León Lucio Abel

^aInstituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N, Col. A.P. 247, Santa María Coapan, C.P. 75770, Tehuacán, Puebla.

^bCátedra CONACYT-Universidad del Papaloapan, Circuito Central 200, Parque Industrial, C.P. 68301, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca.

*violeta.ct@tehuacan.tecnm.mx

Resumen

El kéfir es una leche fermentada consumida en la región de Tehuacán, por ser rica en bacterias y levaduras probióticas que incrementan el sistema inmune; sin embargo, tiene una corta vida de anaquel. El objetivo del presente trabajo es la obtención de leche de kéfir en polvo, funcionalizada con almidón de plátano, utilizando secado por aspersión. El almidón de plátano es un ingrediente funcional que participa en la reducción de los niveles de glucosa en la sangre postprandial y disminuye el riesgo de obesidad. Se preparó leche de kéfir a partir de búlgaros y se adicionaron 2 g de almidón de plátano por cada gramo de sólido seco. La leche fermentada con almidón de plátano fue

secada utilizando un secador por aspersión Buchi B290. Se realizaron determinaciones fisicoquímicas (color, pH y humedad del polvo) a la leche de kéfir. Las partículas secas de kéfir fueron resuspendidas en agua para la elaboración de yogur de mango, para compararlo con el yogur de kéfir fresco. Los resultados mostraron un polvo de color ámbar y el análisis sensorial de la prueba hedónica indicó mayor aceptación (acidez, apariencia, sabor y color) para el yogur preparado con polvo de leche de kéfir.

Palabras clave: Kéfir, Leche bronca, Almidón de plátano, Secado por aspersión

Abstract

Kefir is a fermented milk consumed in the Tehuacán region, because it is rich in bacteria and probiotic yeasts that increase the immune system; however, it has a short shelf life. The objective of this work is to obtain powdered kefir milk, functionalized with banana starch using spray drying. Banana starch is a functional ingredient that is involved in lowering postprandial blood glucose levels and lowering the risk of obesity. Kefir milk was prepared from "búlgaros" and 2 g of banana starch was added for each gram of dry solid. Banana starch fermented milk was dried using a Buchi B290

spray dryer. Physicochemical determinations (color, pH and humidity of the powder) were carried out on the kefir milk. The dry kefir particles were resuspended in water for the production of mango yogurth, to compare it with fresh kefir yogurth. The results showed an amber-colored powder and the sensory analysis of the hedonic test indicated greater acceptance (acidity, appearance, flavor and color) for the yogurth prepared with kefir milk powder.

Keywords: Kefir, Raw milk, Banana starch, Spray dryer

- LK, leche de kéfir antes del secado por aspersión
- LKP, leche en polvo de kéfir obtenido por aspersión
- LKPR, leche de kéfir resuspendida en agua
- YK, yogur de kéfir fresco
- YKPR, yogur de leche de kéfir de polvo resuspendido
- Tent, Temperatura de entrada en secado por aspersión
- Tsal, Temperatura de salida en secado por aspersión

Introducción

Puebla se colocó durante 2017 como el séptimo mayor productor nacional de leche de bovino. Sin embargo, del año 2002 al 2022, ha desaparecido el 50 por ciento de los pequeños productores de leche bronca del estado de Puebla. La disminución del consumo de leche bronca se ha atribuido a las nuevas formas de alimentación entre la población (El Sol de Puebla, 2 de marzo de 2022).

Una estrategia para el aprovechamiento de la leche bronca es la elaboración de Kéfir. El kéfir es una leche fermentada rica en bacterias y levaduras probióticas que mejoran la microbiota intestinal e incrementan el sistema inmune. Elaborar yogur es sencillo, solo hay que elegir la fruta y mezclar con la leche fermentada. La vida de anaquel de la leche de kéfir es muy corta: de 3 a 4 días a 4 °C, por lo que secado por aspersión de kefir es una alternativa para incrementar la vida de anaquel (Atalar y Dervisoglu 2015).

El objetivo de este trabajo es la funcionalización de leche de kéfir con harina de plátano (*Musa Paradisiaca*), utilizando secado por aspersión, para incrementar sus propiedades nutricionales, alargar su vida de anaquel y

beneficiar al organismo (disminuye los niveles de glucosa y el riesgo de la obesidad). La propuesta impacta en tres aspectos: 1) obtención de leche fermentada en polvo, lista para preparar; 2) incrementar la vida de anaquel de la leche fermentada; y 3) obtención de un yogur funcional, gracias a la incorporación de almidón de plátano. Esta propuesta es una estrategia sólida para el aprovechamiento integral de la leche bronca en Tehuacán, obteniendo partículas secas sin afectar su composición nutrimental y bioactividad. Este producto es una alternativa a la disminución a las Enfermedades Crónico No Transmisibles (ECNT) que tanto aquejan a las y los mexicanos, y al mismo tiempo a la reactivación local de los productores de leche bronca de Tehuacán, Puebla.

En la literatura se encuentra reportado el secado por aspersión de leche fermentada, a diferentes rangos de temperatura de entrada (120-180 °C) y salida (80-100 °C), utilizando maltodextrinas como material de soporte (Atalar y Dervisoglu 2015, Favilla *et al.*, 2022). A partir de estas investigaciones, se preparó la leche fermentada de kéfir y se mezcló con almidón de plátano para ser deshidratada utilizando un secador por aspersión Buchi B290, a una T entrada de 140 °C y una T salida de 80 °C. Se realizaron

determinaciones fisicoquímicas (color, pH y humedad del polvo) a la leche de kéfir. Así mismo, las partículas secas de kéfir fueron resuspendidas en agua para la elaboración de yogur de fresa, con el fin de compararlo con el yogur de kéfir natural. Los resultados de este trabajo mostraron un polvo de color ámbar y el análisis sensorial indicó que no hubo diferencias en el color, sabor y textura del yogur preparado con polvo de leche de kéfir con respecto al yogur natural testigo.

Es necesario el desarrollo de productos funcionales a partir de productos bien posicionados, con el fin de prevenir ECNT y aumentar las defensas del sistema inmune. Este proyecto tiene impacto en la vinculación con los grupos sociales-Instituto Tecnológico de Tehuacán. Es una alternativa a la reactivación local para los productores de leche bronca y productores de plátano, ya que sus ventas han disminuido hasta un 50 % desde el inicio de la contingencia sanitaria por la COVID-19.

Esta pandemia ha demostrado que el esfuerzo por combatir y prevenir la obesidad debe ser mayor a fin de reducir la carga de enfermedades crónicas y los resultados adversos de epidemias virales. Ante esta problemática, la población se ve en la necesidad de consumir alimentos que les permitan alcanzar o mantener su estado de salud.

Materiales y métodos

El plátano (*Musa paradisiaca* L.) variedad macho se utilizó en estado inmaduro, el cual fue proporcionado por la Finca San Juan, ubicada en San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. El plátano se cortó en rodajas y fue secado en un horno de charolas a 55 °C hasta alcanzar masa constante (8 h aproximadamente). Finalmente, las rodajas secas se molieron en un molino de discos y se tamizó en malla No. 100 de acero inoxidable. Los búlgaros fueron proporcionados a un proveedor local Vida Kéfir y la leche bronca fue proporcionada por un productor de Altepeixi, Puebla.

2.1 Elaboración de la leche fermentada de kéfir

Un total de 20 g de búlgaros fueron colocados en un colador y enjuagados con 350 ml de leche bronca fresca. Los búlgaros se vertieron en un recipiente de plástico de cultivo y se adicionó 500 ml de leche. Se cerró herméticamente el recipiente de cultivo con manta de cielo y una liga, y se dejó a temperatura ambiente durante 24 h. Después de ese tiempo, la leche fermentada (leche con aspecto de leche cortada o «echada a perder») fue colada y recolectada en un recipiente para su posterior análisis.

2.1.1 Análisis fisicoquímico y nutricional de la leche fermentada de kéfir

El análisis fisicoquímico de la leche fermentada se llevó a cabo en el laboratorio de alimentos del TecNM/IT Tehuacán, el cual consistió en la determinación de humedad, pH, acidez titulable y color. El análisis químico proximal de la harina de plátano se está llevando a cabo actualmente: contenido de humedad (método 14.004 de la AOAC, 1990), lípidos (método 7.056 de la AOAC, 1989), cenizas (método 32.10 de la AACC, 2000) y proteína (995.04, 1998).

Así también las pruebas de reología se están llevando a cabo actualmente en un reómetro (TA Instruments, Discovery HR-2 Hybrid) equipado con una geometría de placa plana (Smart Swap™, SST ST 40 mm Sandblasted Plate). Las pruebas de viscosidad vs. velocidad de cizalla se están realizando en un intervalo de 0,001-100 s⁻¹ para conocer el comportamiento de flujo que presentan las muestras de leche fermentada fresca (LFF) y leche fermentada por aspersión (LFSA), yogur de leche fermentada fresca (yLFF) y yogur de leche fermentada secada por aspersión (yLFSA).

2.2 Secado por aspersión de la leche fermentada

Se utilizó un secador por aspersión escala laboratorio (Büchi, B-290), el cual funciona bajo el mismo principio de un atomizador de flujo a co-corriente, esto es, la aspersión de la mezcla de alimentación y el flujo de gas de secado ocurren en la misma dirección. El secador utilizó una boquilla de diámetro estándar de 0.7 mm y un tapón de rosca de boquilla de 1.5 mm de diámetro. Se utilizó aire como gas de secado. En todos los casos, el flujo de aire se mantuvo fijo a 35 mm en el indicador rotámetro de gas, lo cual corresponde a 538 L·h⁻¹ según las especificaciones del fabricante. La presión de atomización fue de 6x10⁵ Pa. El secado por aspersión se realizó a una temperatura de entrada (Tent) de 140 °C y salida (Tsal) de 80 °C del gas de secado, adicionando 2 g de almidón de plátano por cada gramo de sólido seco. Estas condiciones fueron seleccionadas en función a la literatura de quienes reportan que no se afecta la composición de ácido láctico. Las mezclas de alimentación se alimentaron con una bomba peristáltica con caudal variable para controlar la respectiva Tsal; durante todo el secado se mantuvo en agitación la mezcla de alimentación.

2.3 Preparación de yogurt con leche de kéfir

Se disolvieron 25 g de leche de kéfir en polvo (LKP) en 250 ml de agua y se adicionaron 145 g de mango molido por ser fruta de temporada y 15 g de azúcar. También se preparó yogur con leche de kéfir fresca (LK), utilizando 250 ml y se

adicionó la misma cantidad de fruta y azúcar para considerarlo como testigo. Ambas muestras fueron utilizadas para análisis sensorial.

2.3.2 Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial utilizando una prueba hedónica de 9 puntos, evaluando acidez, apariencia, olor y sabor. De la misma forma se evaluó la intención de compra del polvo utilizando una escala de 9 puntos. El panel se conformó por 50 consumidores (25 hombres y 25 mujeres), originarios de la ciudad de Tehuacán, y a cada consumidor se le dio a probar aproximadamente 15 ml del yogur preparado.

La ficha de evaluación aplicada se dividió en dos partes: en la primera se evaluaron cuatro características sensoriales (acidez, apariencia, olor y sabor), utilizando una escala hedónica de 9 puntos (Tabla 1). Para facilitar su comprensión se emplearon dibujos de caritas con estados de ánimo para cada puntaje. En la segunda parte, se evaluó la intención de compra a través de una escala hedónica de 4 puntos (Tabla 2), la cual permite al panelista una mejor clasificación de las 5 muestras.

Tabla 1. Escala hedónica de 9 puntos para la evaluación sensorial de la leche fermentada de kéfir

Puntaje	Calificación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Tabla 2. Escala hedónica de 4 puntos utilizada en la evaluación sensorial de intención de compra de la leche kéfir en polvo

Puntaje	Calificación
1	Definitivamente lo compraría
2	Posiblemente lo compraría
3	Posiblemente no lo compraría
4	No lo compraría

2.3.2 Vida de anaquel de la leche y yogur fermentado

Muestras de leche de kéfir antes del secado por aspersión (LK), leche en polvo de kéfir obtenido por aspersión (LKP), leche de kéfir resuspendida en agua (LKPR), yogur de kéfir fresco (YK) y yogur de leche de kéfir de polvo resuspendido (YKPR) fueron colocadas en recipientes herméticos a refrigeración de 4 °C y fueron monitoreadas cada tercer día por 15 días. Las determinaciones fisicoquímicas consistieron en contenido de humedad, pH, acidez titulable y color.

Resultados/ Discusión de resultados

3.1 Análisis fisicoquímico y nutricional de la leche fermentada de kéfir

Los valores de pH, % de sólidos y % de acidez titulable para la leche bronca fueron 6.5, 14.04 % en sólidos y 0.14 % de ácido láctico, respectivamente. Estos resultados fueron similares a los de otros autores para leche bronca (Álvarez-Fuentes *et al.*, 2012 y Calderón 2012).

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las características fisicoquímicas de la leche y yogur de kéfir: leche de kéfir antes del secado por aspersión (LK), leche en polvo de kéfir obtenido por aspersión (LKP), leche de kéfir resuspendida en agua (LKPR), yogur de kéfir fresco (YK) y yogur de leche de kéfir de polvo resuspendido (YKPR).

La leche de kéfir tuvo un valor de humedad 87.99 % y después del secado por aspersión con harina de plátano como material de soporte de 3.98, lo que representa un 96.02 % de sólidos secos. Estos resultados fueron similares a Favilla *et al.*, 2022, quienes reportaron que el % de sólidos secos fue de 84.99 ± 2.26 y de 90.70 ± 6.82 % para micropartículas de kéfir, utilizando un mini secador por aspersión Buchi modelo B-290, a una temperatura de entrada de 140 y 80 °C de temperatura de salida, sin material de soporte y con maltodextrina, respectivamente.

Tabla 3. Características fisicoquímicas de la leche de kéfir elaborada con leche bronca

Análisis fisicoquímico	LK	LKP	LKPR
pH	4.28 ± 0.02	-	4.81 ± 0.01
% Sólidos	11.54 ± 0.94	96.02	9.81 ± 0.53
% Humedad	87.99 ± 0.94	3.98	90.19 ± 0.30
Acidez titulable %	0.84 ± 0.03	-	0.25 ± 0.00

Color L, a, b	L = 55.93,	L = 36.80,	L = 29.88,
	a = -0.26,	a = 0.48,	a = -1.38,
	b = 3.65	b = 2.36	b = -0.80

Así también el pH fue de 4.28 ± 0.02 y 4.81 ± 0.02 para leche de kéfir fresca y leche de kéfir secada por aspersión, respectivamente. La acidez titulable de la leche de kéfir fresca disminuyó un 70 % después del secado por aspersión, obteniendo un polvo con una acidez de 0.25 %. Los resultados de pH fueron similares y el % de acidez fue menor a los reportados por Atalar *et al.*, (2015), quienes obtuvieron un valor de pH de 4.57 y 0.656 % de ácido láctico para leche de kéfir que fue secada por aspersión, a una temperatura de entrada de 180 °C y una temperatura de salida 103 °C. La disminución en el valor de acidez se pudo deber a un daño celular que sufrieron las bacterias del kéfir por la temperatura y a la deshidratación simultánea que ocurre durante el proceso de secado por aspersión. Atalar *et al.*, (2015) reportaron que se debe considerar los límites legales de microorganismos probióticos, la concentración debe ser de 7 log ufc/g de lactobacilos, leuconostoc y lactococos. De acuerdo con las Normas de Leche Fermentada del Codex Alimentarius (2003), la acidez mínima titulable del kéfir debe ser de 0.6 % como ácido láctico. Los resultados de esta investigación indican que la condición del proceso de secado por aspersión tiene un efecto sobre la acidez titulable en el kéfir en polvo y que debe mejorarse.

En cuanto al color, se obtuvieron valores de $L = 55.93$, $a = -0.26$, $b = 3.65$ y de $L = 36.80$, $a = 0.48$, $b = 2.36$ para leche de kéfir fresca y para leche secada por aspersión, respectivamente. Estos resultados indican que las muestras tienden a un color amarillo ámbar, siendo más luminoso para la muestra de kéfir fresco. Los resultados de color fueron diferentes a Atalar *et al.*, (2015) quienes reportaron valores de $L = 84.02$, $a = -1.53$ y $b = 12.51$ para leche de kéfir secada por aspersión a una temperatura de entrada de 180 °C y una temperatura de salida 103 °C. Estas diferencias en el color pueden ser debido a las condiciones utilizadas durante el secado por aspersión.

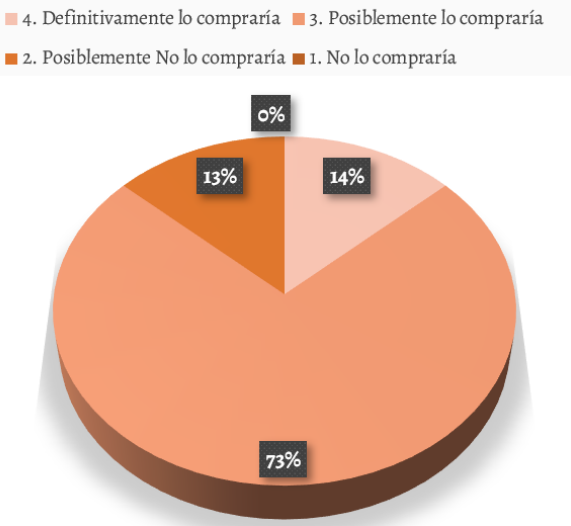
3.2 Yogur preparado con leche fermentada de kéfir: análisis sensorial y vida de anaquel

Las muestras de YKPR fueron mejor calificadas sensorialmente para los 4 atributos (apariencia, acidez, sabor y olor) por los panelistas (puntuación > 7.0) que las muestras de YK. Los resultados de intención de compra del polvo de kéfir mostraron que un 84 % de los panelistas definitivamente lo comprarían (Figura 1). Favilla *et al.* (2022) realizaron una prueba sensorial de la muestra de polvo (KP) reconstituido en agua, utilizando la proporción a los sólidos totales presentes en el kéfir fresco (KF) y lo compararon con una muestra de Kéfir fresco (FK). Las muestras de KF y KP fueron aceptadas sensorialmente por los panelistas

(puntuación > 5,0). El KF recibió los puntajes más altos para la apariencia general y atributos de color, mientras que KP obtuvo las puntuaciones más altas para el color y atributos del aroma.

Figura 1. Intención de compra de la leche de kéfir en polvo (LKP)

INTENCIÓN DE COMPRA



En la Tabla 4 se presentan las características fisicoquímicas del yogur de kéfir almacenado a 4 °C en los días 1, 3 y 7. Como se observa, el pH y la humedad se mantuvieron constantes conforme pasaron los días para ambos yogures (YK y YKPR). En el caso del color, como se observa en la Tabla 5, el yogur que se preparó utilizando leche en polvo de kéfir mostró un tono más amarillo intenso, lo cual se puede corroborar con los valores de b ligeramente mayores que las muestras de yogur preparado con leche de kéfir fresco. El color más intenso de las muestras de yogur con leche en polvo de kéfir fue atribuido a la adición de harina de plátano durante el secado por aspersión.

Tabla 4. Características fisicoquímicas del yogur de kéfir almacenado a 4 °C en los días 1, 3 y 7

Análisis fisicoquímico	Días de almacenamiento	YK	YKPR
pH	1	4.07 ± 0.02	4.13 ± 0.02
	3	3.97 ± 0.02	4.21 ± 0.02
	7	3.96 ± 0.65	4.25 ± 0.08

% Humedad	1	75.75 ± 0.65	77.38 ± 0.08
	3	79.88 ± 0.11	78.39 ± 0.08
	7	82.65 ± 0.78	81.39 ± 1.82
Color	1	L = 27.34, a = 2.61, b = 17.87	L = 21.90, a = 6.23, b = 21.40
	3	L = 32.01, a = 2.67, b = 20.22	L = 25.54, a = 6.37, b = 24.75
	7	L = 37.34, a = 2.11, b = 21.73	L = 23.14, a = 6.34, b = 23.67

Conclusiones

Considerando el potencial del kéfir, la producción de partículas secas generaría un beneficio en el incremento de la vida de anaquel, preparación instantánea y facilidad de transporte, sumando sus propiedades funcionales, probióticas y nutricionales de forma concentrada y estable. Desde esta perspectiva, la aplicación de nuevas tecnologías de transformación para mejorar la estabilidad y las características sensoriales del kéfir podría incrementar la incorporación de este alimento a la alimentación cotidiana. Este estudio es el primer paso para desarrollar este tipo de nuevos alimentos.

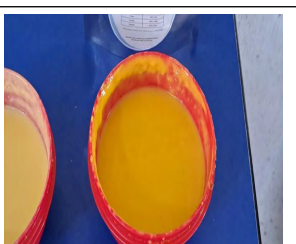
Muestra	Día 1	Día 3	Día 7
Kéfir fresco			
Kéfir resuspendido			
Yogurt fresco			
Yogurt kéfir resuspendido			

Tabla 5. Apariencia del yogurt de kéfir almacenado a 4 °C en los días 1, 3 y 7

La producción de leche de kéfir en polvo es una alternativa a la reactivación local para los productores de leche bronca en el estado de Puebla y productores de plátano de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. La pandemia por la COVID-19 evidenció el esfuerzo por combatir y prevenir enfermedades crónicas y dar batalla a epidemias virales. Ante esta problemática, la población se ve en la necesidad de consumir alimentos que les permitan alcanzar o mantener su estado de salud.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

- La química proximal y pruebas reológicas de la leche de kéfir antes y después del secado por aspersión se encuentran en curso. Así mismo, se contemplan estudios de la microestructura, distribución de tamaño, densidad aparente y compacta de las partículas de kéfir. Los resultados de estas pruebas proporcionarán información del potencial de las partículas de kéfir como ingrediente funcional.
- El próximo paso de la investigación es agregar partículas de kéfir como ingrediente funcional en algún alimento artesanal de la región.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Tehuacán y al grupo de estudiantes de Ingeniería Bioquímica por el desarrollo de este proyecto: Antonio García Jacqueline Concepción, Narciso Trinidad Jennifer y Zarate Avendaño Valeria.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Fuentes, G., Herrera-Haro, J. G., Alonso-Bastida, G. y Barreras-Serrano, A. (2012). Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. *Archivos de medicina veterinaria*, 44(3), 237-242.
- Atalar, I. y Dervisoglu, M. (2015). Optimization of spray drying process parameters for kefir powder using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 751-757.
- Calderón, A., Rodríguez, V., Arrieta, G., Martínez, N., y Vergara, O. (2012). Calidad fisicoquímica y microbiológica de leches crudas en empresas ganaderas del sistema doble propósito en Montería (Córdoba). *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 15(2), 399-407.
- Favilla, A. L. C., dos Santos Junior, E. R., Rodrigues, M. C. N. L., dos Santos Baiao, D., Paschoalin, V. M. F., Miguel, M. A. L. y Pierucci, A. P. T. R. (2022). Microbial and physicochemical properties of spray dried kefir microcapsules during storage. *LWT*, 154, 112710.

PaaS implementada en un sistema de registro de ingreso

^aDomarco Martínez Paolo* y ^aRivera García Yareny**

^a Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera Acuaco – Zacapoaxtla
km.8, Col. Totoltepec, C.P. 73680, Zacapoaxtla, Puebla.

*L19ZPo126@zacapoaxtla.tecnm.mx, **yareny.rg@zacapoaxtla.tecnm.mx

Resumen

La plataforma como servicio (en inglés, *Platform as a Service*, PaaS) es la encapsulación de una abstracción de un ambiente de desarrollo y el empaquetamiento de una serie de módulos o complementos que proporcionan, normalmente, una funcionalidad horizontal. Actualmente, existen distintas plataformas que pueden dar servicio a todas las fases del ciclo de desarrollo y pruebas del *software*, o puede estar especializada en cualquier área en particular, tal como la gestión de información. Una de ellas es Azure DataBase for MySQL que es un motor de base de datos totalmente administrado que se encarga de la mayoría de las funciones de administración

de bases de datos, como actualizar, aplicar revisiones, crear copias de seguridad y supervisar sin intervención del usuario. El objetivo de este trabajo consistió en utilizar PaaS para la creación de un espacio de almacenamiento de datos que fue implementado en un sistema web de administración y registro de ingreso a centro de cómputo, cuya función principal es identificar al personal que hace uso de las salas de cómputo y obtener datos requeridos de su ingreso.

Palabras clave: Azure, PaaS, Sistema, Web

Abstract

Platform as a Service (Platform as a Service, PaaS) is the encapsulation of an abstraction of a development environment and the packaging of a series of modules or add-ons that normally provide horizontal functionality. Currently there are different platforms that can be used in all phases of the software development and testing cycle, or can be specialized in any particular area, such as information management. One of them is Azure DataBase for MySQL which is a fully managed database engine that handles most database

management functions like updating, patching, backing up, and monitoring without user intervention. The objective of this work was to use PaaS for the creation of a data storage space that was implemented in a web system for administration and registration of access to the computer center, whose main function is to identify the users who make use of the computer rooms and obtain required data from your access.

Keywords: Azure, PaaS, System, Web

- PaaS, Plataforma como servicio

Introducción

Uno de los temas más importantes en una organización es la gestión de la información, misma que se debe asegurar y proteger. Para cubrir esta necesidad surgen diversas PaaS que se centran en proporcionar servicios totalmente administrados que ofrecen alta disponibilidad, copias de seguridad y otras operaciones de mantenimiento (Joyanes, 2012).

Vera (2018) en su trabajo «Plataforma como servicio para la gestión de tecnologías en el desarrollo y despliegue de aplicaciones web» considera que las PaaS permiten el uso de herramientas de desarrollo a través de internet, accediendo en cualquier momento, desde cualquier lugar y sin necesidad de configurarlas localmente, logrando reducir la complejidad de desplegar y desarrollar aplicaciones web.

Así mismo, Guala (2021) en su tesis «Aplicación de PaaS en la implementación de sistemas empresariales basados en Cloud Computing» propone que con la incorporación de los servicios que ofrece Cloud Computing para las empresas

se puede gestionar de mejor manera el almacenamiento de la información.

Azure Database for MySQL es una PaaS en la que el entorno de MySQL está totalmente administrado y cuyas ventajas son la actualización automática tanto de *software* como del sistema operativo, la alta disponibilidad, copias de seguridad, replicación y la protección de los datos (Roth, 2022). Considerando esas ventajas, se implementó dicha plataforma en el sistema de administración y registro de ingreso a centro de cómputo, con lo que se logró la gestión de información referente a personal que hace uso de las salas de cómputo de una forma más eficiente, rápida y evitando su manipulación por personas no autorizadas.

Materiales y métodos

En este trabajo se utilizó el ciclo de vida de la aplicación PaaS cuyas etapas se muestran en la Figura 1, se puede observar que el foco de automatización se centra en las fases de desarrollo, construcción, pruebas, implementación y administración (Intel, 2014), mismas que se describen en los siguientes párrafos.

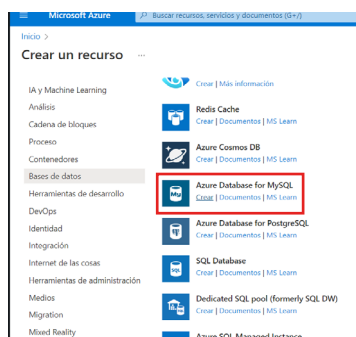
Figura 1. Ciclo de vida de la aplicación PaaS
Fuente: «La nube de TI de Intel»



Fase de desarrollo / construcción

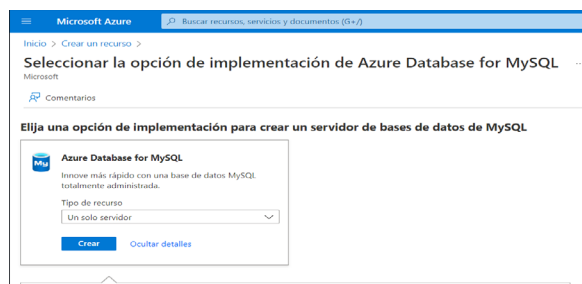
Utilizando una cuenta institucional se realizó el registro e inicio de sesión en el portal de Azure, se continuó con la creación un nuevo recurso en la sección de Bases de datos de tipo Azure Database for MySQL, esto se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Servidor Azure Database for MySQL



La opción de implementación de Azure Database for MySQL fue de un solo servidor, como se presenta en la Figura 3, debido a que es un servicio de base de datos diseñado para gestionar la mayoría de las funciones de administración, como las de aplicación de revisión, copias de seguridad, alta disponibilidad y seguridad con una configuración y un control mínimos para el usuario. La arquitectura está optimizada para una alta disponibilidad integrada del 99,99 % en una zona de disponibilidad única (Ghanayem, 2022).

Figura 3. Opción de implementación de Azure Database for MySQL



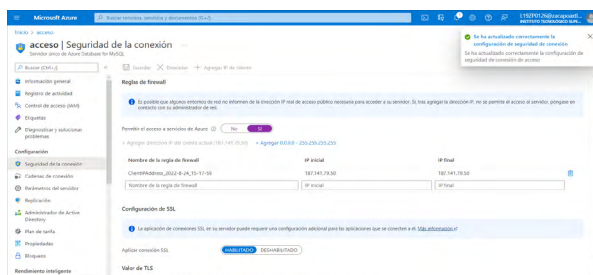
El siguiente paso consistió en configurar características del servidor MySQL relacionadas con el nombre, grupo de recursos al que pertenece, capacidad de proceso – almacenamiento y copia de seguridad (definida en este caso como básica), nombre de usuario administrador y contraseña, lo cual se observa en la Figura 4.

Figura 4. Configuración de características del servidor MySQL

Básico	
Suscripción	Azure for Students
Grupo de recursos	RecursoAcceso
Nombre del servidor	acceso
Origen de datos	None
Nombre de inicio de sesión del administrador del servidor	AdminCC
Ubicación	East US
Versión	5.7
Proceso y almacenamiento	Basic, Gen5, 2 núcleos virtuales, 50 GB de almacenamiento
Periodo de retención de copia de seguridad	7 día(s)
Redundancia de copia de seguridad	Redundancia Localmente
Crecimiento automático de almacenamiento	Enabled

Las bases de datos de Azure para MySQL están protegidas con un *firewall*. De forma predeterminada, se rechazan todas las conexiones al servidor y a las bases de datos del mismo, por lo que antes de establecer la conexión a Azure Database for MySQL por primera vez, se debe configurar el *firewall* para agregar la dirección o intervalo de direcciones del protocolo de internet (en inglés, *IP*, Internet Protocol) de red pública del equipo cliente (Savjani, 2022), como se muestra en la Figura 5.

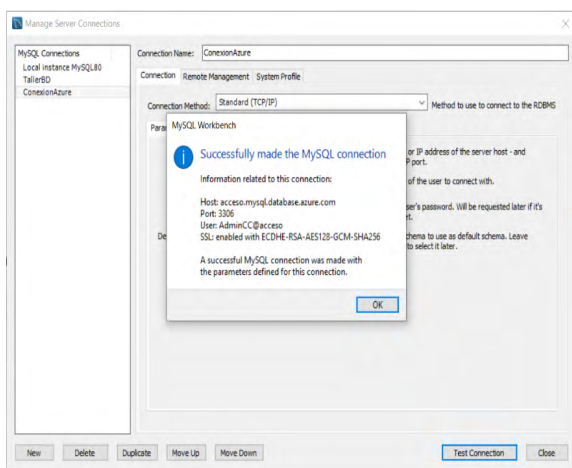
Figura 5. Configuración de firewall



Fase de pruebas

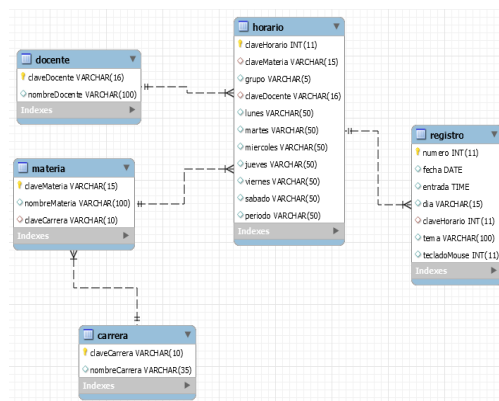
Se utilizó la herramienta MySQL Workbench para conectarse al servidor Azure MySQL, los datos de conexión como nombre de servidor y nombre de inicio de sesión se obtuvieron del panel **Información general** en el portal de Azure (Airthal, 2022), además se comprobó que los parámetros utilizados estuvieran configurados correctamente y el resultado de la prueba de conexión se presenta en la Figura 6.

Figura 6. Prueba de conexión



Después de establecer la conexión al servidor Azure MySQL se creó la base de datos, tablas y relaciones siguiendo el modelo relacional que se observa en la Figura 7.

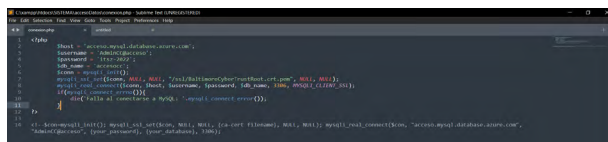
Figura 7. Modelo relacional



Fase de implementación

En el código del sistema *web* de administración y registro de ingreso a centro de cómputo se actualizaron los datos de conexión, como se muestra en la Figura 8, para enlazarse ahora al servidor Azure MySQL.

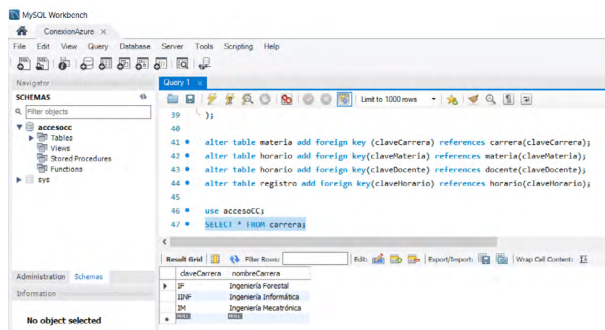
Figura 8. Archivo conexión.php



Con la modificación del archivo *conexion.php*, implementado en todas las páginas del sistema *web*, se permite que la gestión de la información referente a docentes, materias, carreras, horarios y registro de ingreso se realice en el servidor Azure MySQL. En las Figuras 9 y 10 se presenta, respectivamente, un ejemplo de registro para la sección de carrera, y la comprobación de la inserción en la tabla correspondiente.

Figura 9. Formulario para registro de carrera

Figura 10. Comprobación de inserción en la tabla carrera



Resultados/ Discusión de resultados

Mediante el portal de Azure se creó un recurso Azure Database for MySQL, que es un servicio de base de datos relacional de Microsoft Cloud y que pertenece al modelo de PaaS, también se generó el servidor Azure MySQL y se configuró para permitir la gestión de información referente a docentes, materias, carreras, horarios y registro de ingreso, misma que es manipulada a través del sistema web de administración y registro de ingreso a centro de cómputo, cuya función principal es identificar al personal que hace uso de las salas de cómputo y obtener datos requeridos de su ingreso. Se utilizó la herramienta MySQL workBench para establecer un vínculo con el servidor Azure MySQL empleando los datos de conexión obtenidos del panel **Información general** en el portal de Azure, se ejecutaron instrucciones SQL para crear la base de datos, tablas y relaciones según un modelo relacional de base de datos previamente definido, además, se realizaron pruebas de conexión entre el servidor Azure MySQL, la herramienta MySQL workBench y el sistema web de administración y registro. Las principales ventajas encontradas al implementar PaaS consisten en brindar alta disponibilidad de la información, protección de datos mediante copias de seguridad automáticas y restauración a un momento dado, aplicación automatizada de revisiones y mantenimiento para conservar el servicio seguro y actualizado, escalabilidad, soporte técnico.

Conclusiones

La PaaS es un servicio basado en la nube que permite a los desarrolladores crear recursos de acuerdo a sus necesidades, mismos que pueden ser implementados por otras aplicaciones con el fin de hacer eficiente la gestión de información, además de garantizar la seguridad y protección de datos. Existen varios proveedores de PaaS, uno de ellos es Microsoft que a través del portal de Azure ofrece productos en la nube para crear soluciones que resuelvan dificultades actuales de forma rápida y escalable. Con el

trabajo realizado se utilizó PaaS para la creación de un espacio de almacenamiento de datos, mediante un recurso de tipo Azure Database for MySQL, que fue implementado en un sistema web de administración y registro de ingreso a centro de cómputo, cuya función principal es identificar al personal que hace uso de las salas de cómputo y obtener datos requeridos de su ingreso.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

En un futuro se desea almacenar en el servidor Azure MySQL la imagen del usuario e integrar al sistema web de administración y registro de ingreso a centro de cómputo un lector de reconocimiento facial que identifique a la persona que ingrese, de tal forma que se puedan obtener, de las tablas correspondientes, los datos necesarios para su registro. También se buscará implementar el sistema en otros laboratorios de la institución para concentrar toda la información de ingreso a los mismos en un solo centro de almacenamiento.

Referencias bibliográficas

- Aithal, S. (2022). Uso de MySQL Workbench para conectarse y consultar datos en Azure Database for MySQL. Microsoft. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/mysql/single-server/connect-workbench>
- Ghanayem, M. (2022). Servidor único de Azure Database for MySQL. Microsoft. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/mysql/single-server/single-server-overview>
- Guala, V. J. (2021). Aplicación de plataforma como servicio (PAAS) en la implementación de sistemas empresariales basados en Cloud Computing (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Intel. (2014). ¿Qué es PaaS?. Obtenido de <https://www.intel.la/content/dam/www/public/lar/xl/es/documents/articles/10217909-hybrid-cloud-paas-white-paper-spa.pdf>
- Joyanes, L. (2012). Computación en la nube. México, D.F: AlfaOmega.
- Roth, J. (2022). Migración de MySQL en el entorno local a Azure Database for MySQL. Microsoft. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/mysql/migrate/mysql-on-premises-azure-db/01-mysql-migration-guide-intro>
- Savjani, P. (2022). Diseño de una base de datos de Azure Database for MySQL con Azure Portal. Microsoft. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/mysql/single-server/tutorial-design-database-using-portal>
- Vera, J. B. (2018). Plataforma como servicio - PAAS - para la creación, desarrollo y despliegue de aplicaciones web. Colombia (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Análisis de técnicas y procedimientos para desarrollar una aplicación web que calcule los costos de fabricación de los chales bordados elaborados por artesanas de Hueyapan, Puebla.

^aCarreón Romero María Eugenia^{*}, ^aCarreón Romero Laura,
^aMora Ambrosio Israel, ^aViveros Macías Omar Yahir y ^aGonzález Galicia Aldo Alberto

^aTecnoLógico Nacional de México/ITS de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, Teziutlán, Puebla.

*maria.cr@teziutlan.tecnm.mx

Resumen

Según cifras oficiales del INEGI, en México, cerca de doce millones de personas se dedican a un oficio artesanal, es decir, el 10 % de la población del país sustenta su economía y la de su familia en la elaboración y comercialización de artesanías, mismas que son hechas con materiales propios de la región y que le dan identidad a la misma. Sin embargo, dadas las condiciones bajo las cuales una artesana de Hueyapan, Puebla, calcula el precio de venta de alguno de sus chales bordados (tiempo, esfuerzo), y a falta de un sistema eficaz que les ayude a calcular el costo de fabricación que cada prenda representa, los precios de los chales son mal asignados, muchas veces con desventaja

para la artesana, quien termina por perder dinero en los acuerdos a los que llega con sus clientes. En este sentido, el cálculo de los costos ha sido para las artesanas una tarea compleja debido al desconocimiento de los métodos y/o técnicas requeridas para calcularlos adecuadamente. Razón por la cual, disponer de una herramienta de *software* que calcule y muestre los costos de fabricación de los chales bordados de manera confiable y eficiente sería para ellas de gran utilidad.

Palabras clave: Artesanías, Costos de fabricación, Chales bordados, Herramienta de *software*.

Abstract

According to official figures from INEGI, in Mexico, about twelve million people are engaged in a craft trade, that is, 10 % of the population of our country supports its economy and that of its family in the production and marketing of handicrafts, same that are made with materials typical of the region and that give identity to it.

However, given the conditions under which an artisan from Hueyapan, Puebla, calculates the sale price of some of her embroidered shawls (time, effort), and in the absence of an efficient system that helps them calculate the manufacturing cost that each garment represents; the prices of the shawls are poorly assigned, often to the disadvantage of

the artisan, who ends up losing money in the agreements reached with her clients.

In this sense, the calculation of costs has been a complex task for artisans due to the lack of knowledge of the methods and/or techniques required to calculate them adequately. For this reason, having a software tool that calculates and displays the manufacturing costs of embroidered shawls reliably and efficiently would be very useful for them.

Keywords: Handicrafts, Manufacturing costs, Embroidered shawls, Software tool

- UX, Experiencia de usuario.
- BD, Base de datos.
- UML, Lenguaje de modelado unificado.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía.
- FONART, Fondo nacional para el fomento de las artesanías.
- SGBD, Sistema gestor de base de datos.
- IDE, Entorno de desarrollo integrado.

Introducción

La existencia del artesanado en la etapa actual indica su capacidad de flexibilidad y adaptación, que lo ha hecho permanecer como protagonista en la producción desde hace siglos. Esta afirmación que aparentemente choca con el concepto de tradición obliga a entenderlos como conjuntos dinámicos y no estáticos, igual que la cultura de la que forman parte. Sin embargo, aunque pueda celebrarse la existencia del artesanado como una forma de producción tradicional, que ha sabido acomodarse a situaciones económicas y dar respuestas flexibles a muchas crisis y cambios, deben valorarse las condiciones con las que se vinculan hoy día esas tradiciones. En México, «modernización» en ciertos contextos significa prioritariamente la necesidad de elevar la calidad de vida de los productores y no solo adoptar normas y sistemas de calidad para los productos. Por su parte, la «integración» deseable debería permitir que las y los artesanos accedan a toda la información técnica pertinente e indispensable en el mundo de hoy, para que pueda ser usada con la libertad que propicia el ejercicio

creativo de habilidades y destrezas, logrando así la permanencia y evolución de un artesano moderno [1].

Los procesos artesanales comprenden un conjunto de técnicas que están basadas en un conocimiento ancestral, es decir, los procesos mediante los cuales son elaboradas las artesanías se han ido perfeccionando con el tiempo, resultado de la experimentación llevada a cabo por generaciones anteriores, las cuales heredaron a sus descendientes la información necesaria para seguir con el oficio de artesano. Sin embargo, generalmente, los talleres en los que laboran los miembros de una familia no cuentan con un sistema de contabilidad que les permita medir la rentabilidad de su trabajo, consecuencia de ello es que la mayor parte de las artesanías se venden por un precio menor al que deberían.

El FONART, en respuesta a la necesidad de promover la actividad artesanal del país y contribuir a la generación de un mayor ingreso familiar de las y los artesanos, mediante su desarrollo humano, social y económico, presenta como primer objetivo procurar un mayor ingreso familiar a las y los artesanos del país a partir de su acompañamiento desde la producción hasta la comercialización efectiva de sus productos en el mercado [5]; sin embargo, en el caso de las artesanas de chales bordados de Hueyapan, la venta

y comercialización requiere conocer el costo real de los productos elaborados a fin de venderlos a precios justos.

No obstante, hacer este cálculo es una tarea un tanto compleja para las artesanas, ya que desconocen los procedimientos para determinar dicho costo, de hecho, actualmente las artesanas asignan el precio a sus chales por experiencia propia o considerando atributos personales, por ejemplo, cuánto tiempo se tardó en hacerlo y el esfuerzo que para ella representó, no dando oportunidad a que el precio de sus prendas tenga una correcta relación con el verdadero costo de fabricación de las mismas.

El oficio artesanal es uno de los más antiguos de la humanidad. En él se destaca la elaboración de productos con elementos culturales y materiales propios de la región donde se habita, lo cual crea la identidad de las comunidades. La intervención del artesano destaca sobre el proceso de producción porque se da de manera eminentemente manual, si bien a menudo apoyada en diversas herramientas que facilitan la elaboración de las artesanías [2]. Las artesanías mexicanas han sido reconocidas a nivel nacional e internacional, por ser productos que representan la diversidad y la riqueza cultural de los pueblos rurales en las que son elaboradas, y se han convertido en un mercado atractivo con potencial de crecimiento.

Hipótesis

El diseño y uso para una aplicación web que estime los costos de elaboración de chales bordados por artesanas de Hueyapan, Puebla, brindará facilidad y eficiencia en el cálculo de los costos, lo que facilitará la asignación de precios para su venta y comercialización.

Justificación

En el municipio de Hueyapan, Puebla, se encuentran diferentes actividades económicas donde la población económicamente activa, tanto de mujeres como de hombres, ha desempeñado y prestado algunos servicios como obreros, jornaleros y comerciantes. Además de cumplir con sus responsabilidades de hogar, la gran mayoría de las familias que habitan este lugar se dedican a la elaboración de prendas bordadas. Esta actividad del bordado de prendas representa para esta área una importante potencia económica. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), las actividades económicas esenciales durante la pandemia de COVID-19 se encontraron representadas por 600 unidades económicas de las cuales 228 se dedican actualmente al bordado de chales, huipiles y productos textiles, así como a la elaboración de estambres para bordar, el deshilado y tejido de productos textiles. Al observar un perímetro vulnerable que requiere apoyo, ha sido particularmente importante implementar procedimientos justos y necesarios como el análisis de los costos de prendas artesanales para calcular el precio de los productos

que venden en este lugar. Así, se debe hacer énfasis en que el valor monetario que se paga por sus prendas no corresponde con el lapso de tiempo que dedican para el bordado de una pieza, ni tampoco con el conocimiento que se requiere para bordarla, reconociendo la labor de los artesanos y salvaguardando esta cultura.

Materiales y métodos

Sistema de costos por procesos. Dentro de los procedimientos para el control de las operaciones productivas de una empresa o en este caso de una artesana, pueden implementarse dos grandes tipos. Uno es el sistema de costos por órdenes de producción y el otro es el sistema de costos por procesos.

En el caso del sistema de costos por órdenes de producción, es el procedimiento que se aplica generalmente a las industrias que producen en lote, con variación de unidades elaboradas, y responden a órdenes específicas. Para determinar el costo unitario de producción, se obtiene dividiendo el monto aplicable a cada orden, entre las unidades elaboradas por cada una de ellas.

Por su parte, el sistema por proceso es empleado por industrias cuya producción es continua, en masa, uniforme, donde no hay gran variedad de artículos elaborados; las unidades que se elaboran se miden en kilos, litros, etcétera [3]. A causa de que los chales bordados no son producidos en lotes, para esta solución de *software* se utilizó el sistema de costos por procesos, ya que las actividades que las artesanas llevan a cabo para elaborar un chal están encapsuladas en cuatro procesos principales: teñido, tejido, bordado y terminado; para cada uno de ellos se necesitaba calcular el costo de la materia prima, la mano de obra y los gastos indirectos de fabricación.

Experiencia de usuario. Aplicar UX significa diseñar productos o servicios con un análisis profundo sobre las necesidades que tienen los usuarios y la manera como se puede resolver, no solamente desde la visión del profesional sino también con el acompañamiento del usuario. UX es la forma en cómo se interactúa con cualquier producto diseñado por el ser humano, desde un lapicero hasta un celular. Los factores de UX que deben incorporarse en cualquier producto son: útil, usable, encontrable, creíble, deseable, accesible y valorable [4].

Tomando en cuenta las características y habilidades de la población en cuestión frente a la tecnología, se ha diseñado una solución intuitiva, amigable y sobre todo útil para las artesanas, esto con el propósito de que se sientan cómodas usando la aplicación, que ofrezca una herramienta de ayuda que agilice el cálculo del costo de fabricación de los chales bordados.

UML. Es un lenguaje gráfico de propósito general, estándar de la industria para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de sistemas a través del uso de diagramas y texto de

soporte. UML no es un lenguaje de programación, pero existen herramientas que se pueden usar para generar código en diversos lenguajes usando los diagramas UML; además de guardar una relación directa con el análisis y el diseño orientados a objetos [6]. Los beneficios que UML generó en el desarrollo de la aplicación fueron: mejores tiempos totales de desarrollo, establecer conceptos y relaciones entre ellos, crear un lenguaje de modelado utilizado tanto por humanos como por máquinas, mejor soporte de la planeación y de control del proyecto, así como alta reutilización y minimización de costos.

MySQL Workbench. El software MySQL Workbench es un entorno gráfico de diseño de bases de datos relacionales, servidores, administración y mantenimiento para el sistema MySQL, se encuentra disponible para su uso comercial, teniendo total compatibilidad con las versiones del servidor MySQL 5.6 en adelante. [7] Las características por las cuales se eligió utilizar este SGBD son:

- Permite a los desarrolladores diseñar, modelar, gestionar y generar bases de datos de manera visual o gráfica, incluyendo todos los elementos necesarios para realizar modelos con un alto nivel de complejidad.
- Este entorno gráfico cuenta también con la función de editor de tablas, que permite la modificación de todos los aspectos de la base de datos. Esto ofrece facilidades de uso para el proceso de configuración de las tablas, índices, columnas, opciones, permisos y particiones, entre otros elementos.
- Ofrece una solución completa y de fácil uso enfocada en migrar de Microsoft SQL Server, Microsoft Access, PostgreSQL, Sybase ASE y otras tablas, datos y objetos de un sistema de gestión de bases de datos relacionales a MySQL. Esto permite convertir de manera rápida y sencilla las aplicaciones para que puedan ser ejecutadas en MySQL tanto en Windows como en plataformas bajo el sistema operativo Linux o Mac OS.

Visual Studio Community. Se trata de un IDE de Microsoft que ofrece diferentes herramientas de forma gratuita y liberando parte de código. La versión Community viene a sustituir las antiguas versiones Express del Visual Studio. Aglutina todas las tecnologías y las ofrece en un único paquete. Además, añade funcionalidades que en las versiones Express no tenía, equiparándola a la versión Professional. Dispone de un formulario de contacto para hacer cualquier tipo de consulta o sugerencia. Dispone de una lista de distribución para inscripción, lo que genera preferencia sobre ciertos contenidos. Una de las herramientas más útiles dentro del Visual Studio es el gestor de paquetes Nuget, que es una herramienta muy interesante por dos motivos. Por un lado, permite añadir librerías externas que dotan a la aplicación de funcionalidades

extras. Por otro lado, gestiona las librerías a través de sus repositorios, es decir, al incorporar una nueva funcionalidad a una aplicación a través de Nuget, permite descargar una librería a la computadora e incorporarla al presente proyecto [8].

Balsamiq. Es una herramienta que permite maquetar la aplicación para obtener una representación gráfica de cómo se verán las páginas una vez que sean programadas, cabe mencionar que es de gran ayuda para el diseño de cualquier solución de *software*, sea orientada a móviles o a escritorio. Se utilizó esta aplicación en su versión gratuita, ya que tiene una gran cantidad de componentes visuales con los que se representan cada una de las vistas relacionadas con este proyecto.

Fórmula para el cálculo de la muestra de poblaciones finitas. Para conocer la cantidad de personas que son suficientes para probar esta aplicación y poder medir la funcionalidad y eficacia de la misma, se empleó la fórmula para el cálculo de la muestra de poblaciones finitas. Teniendo en cuenta a 1500 artesanas como población, se encontró que 70 de ellas debían probar el *software* y dar su opinión acerca de él. La fórmula plantea que, si la población es finita, es decir, se conoce el total de la población y se desea saber cuántos del total se tienen que estudiar, se sustituyen los valores en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} [9]$$

Donde:

- N = Total de la población (1500)
- Z = 1.96 al cuadrado, ya que la seguridad es del 95 % = 0.95
- p = Proporción esperada, en este caso es del 5 % = 0.05
- q = 1 - p, es decir, 1 - 0.05 = 0.95
- d = precisión, del 5 % = 0.05

Resultados/ Discusión de resultados

Los resultados de esta investigación se dividirán en 4 puntos principales:

1. Desarrollo de la aplicación web para calcular el costo de un chal bordado aplicando el método de costeo seleccionado.
2. Implementar el sistema web desarrollado para ser utilizado por los grupos de artesanas de Hueyapan.
3. Capacitar a las artesanas para usar la aplicación desarrollada.

4. Medir funcionalidad y eficiencia en el uso de la aplicación web desarrollada a partir del uso de estadística descriptiva.

Desarrollo de la aplicación web para calcular el costo de un chal bordado aplicando el método de costeo seleccionado

Figura 1. Página, Crea tu chal



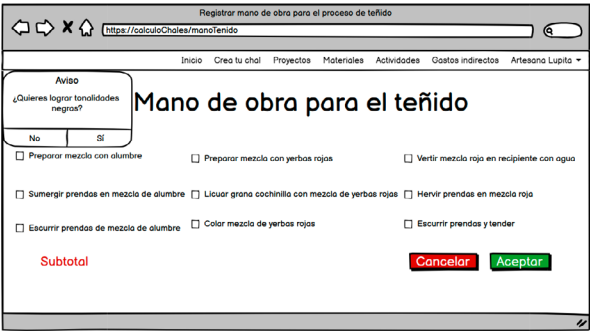
Como se había mencionado antes, existen 4 procesos necesarios en la elaboración de un chal bordado. Dentro de esta página, la artesana puede dirigirse a cualquiera de los procesos para crear un nuevo chal, es decir, para calcular el costo del proyecto, tiene una barra de navegación por la cual puede acceder a distintas páginas de la solución, haciendo la navegación más sencilla y rápida, evitando así que se pierda entre secciones y no sepa cómo ingresar al recurso que necesita.

Figura 2. Página, seleccionar materia prima para el proceso de tejido



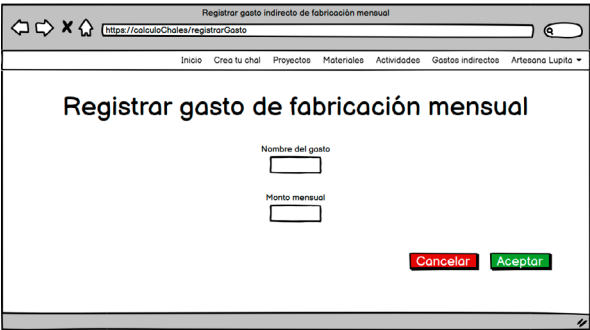
Dentro de cada proceso hay 3 costos que deben tomarse en cuenta. El primero es el costo por materia prima del proceso de tejido; como esta pantalla hay 3 más, una para cada proceso que falta, ya que en cada caso es necesario obtener el costo por materia prima.

Figura 3. Página, registrar mano de obra para el proceso de teñido



En esta página se calcula el costo por mano de obra del proceso de teñido. Se puede ver que este engloba varias actividades que dan el valor verdadero a las prendas. Los procesos de tejido, bordado y terminado también tienen una página como esta para poder registrar la mano de obra que fue necesaria en cada uno y calcular el total de ese apartado del sistema de costos.

Figura 4. Página, registrar gasto indirecto de fabricación mensual



Los gastos indirectos de fabricación se manejan de forma mensual. El monto total de gastos indirectos se divide entre el promedio de prendas hechas por la artesana mensualmente, de esta manera se puede registrar todos los gastos indirectos que surgen de cada proceso de la elaboración del chal.

Implementar el sistema web desarrollado para ser utilizado por los grupos de artesanas de Hueyapan

Es en este punto en el que la fórmula para el cálculo de poblaciones finitas toma sentido. Se tiene una población de 1500 artesanas aproximadamente en el municipio, entonces, la fórmula queda sustituida de la siguiente manera:

$$n = \frac{1500 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (1500 - 1) + 1.96 * 0.05 * 0.95} = 69.64 = 70$$

Donde:

- N = Total de la población (1500)
- Z = 1.96 al cuadrado, ya que la seguridad es del 95 % = 0.95
- p = Proporción esperada, en este caso es del 5 % = 0.05
- q = 1 - p, es decir, 1 - 0.05 = 0.95
- d = precisión, del 5 % = 0.05

Fue así que se decidió probar la aplicación con 70 de las artesanas del municipio para posteriormente hacerles una serie de preguntas relacionadas con lo útil que les pareció el *software*. Los resultados de estas preguntas se explican en una sección más adelante en este documento.

Capacitar a las artesanas para usar la aplicación desarrollada

Antes de que las artesanas procedieran a probar la aplicación, se capacitaron para que fueran capaces de manipular la misma y de familiarizarse con los elementos, esto fue relativamente sencillo, ya que las páginas fueron pensadas para ser fáciles de entender. Todo es muy gráfico, el tipo y tamaño de letra es adecuado para ellas; además, el fondo de las pantallas es blanco, las palabras y los botones (por dar algunos ejemplos) contrastan bien, esto ayuda a que la usabilidad aumente. De esta forma, se busca cumplir los factores de la UX proyectados.

Figura 5. Capacitación de las artesanas para el manejo de la aplicación



Medir funcionalidad y eficiencia de la aplicación web desarrollada a partir del uso de estadística descriptiva

Después de haber implementado la aplicación web en una máquina de escritorio y de que las artesanas supieran cómo utilizarla, se les hicieron algunas preguntas que ayudarían a medir el impacto positivo o negativo de la aplicación:

1. ¿Ha perdido oportunidades de vender su producto por no saber cuánto cobrar?
2. ¿Considera necesario implementar una herramienta que permita calcular el costo de chales?
3. ¿Cuánto tiempo tarda aproximadamente en calcular el costo de un chal?
4. ¿Cuál es la opción más sencilla para calcular el precio de tus chales: papel y lápiz o usar una aplicación de computadora?
5. ¿Considera justo el precio que los clientes ofrecen o pagan por la venta de un chal?

Los resultados de cada una de las preguntas se grafican a continuación:

Pregunta 1:

- «El 71 % de la población ha perdido oportunidades de vender su producto por no saber cuánto cobrar y el 29 % ha sabido el precio para vender su producto».

Pregunta 2:

- «El 93 % de la población considera que es necesario implementar una herramienta que calcule el precio de sus chales bordados mientras que el 7 % no lo considera necesario».

Pregunta 3:

- «El 43 % de la población tarda alrededor de 5 minutos para calcular el costo de su chal, el 36 % tarda 10 minutos y el 21 % tarda 20 minutos o más».

Pregunta 4:

- «El 64 % de la población considera más sencillo usar papel y lápiz para calcular el precio de sus chales, mientras que el 36 % optó por usar la computadora para calcular el precio de sus chales».

Pregunta 5:

- «El 71 % de la población no les parece justo el precio ofrecido por el cliente y el 29 % opina ofrecen precio justo».

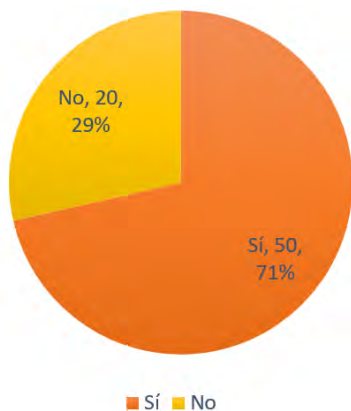


Figura 6. Gráfica respuestas a la pregunta 1

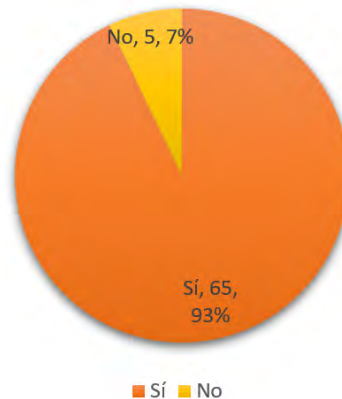


Figura 7. Gráfica respuestas a la pregunta 2

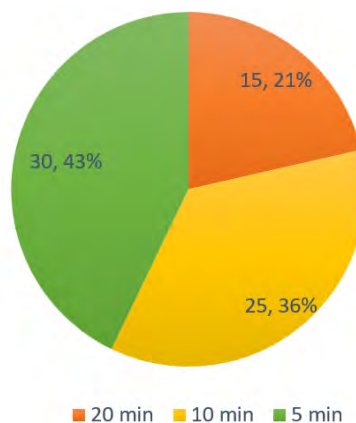


Figura 8. Gráfica respuestas a la pregunta 4

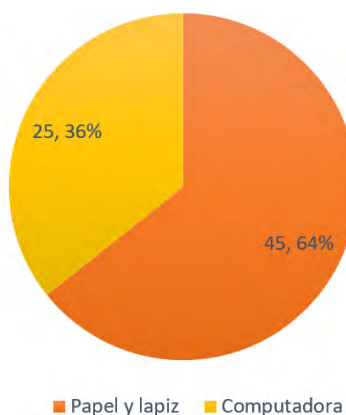


Figura 9. Gráfica respuestas a la pregunta 4

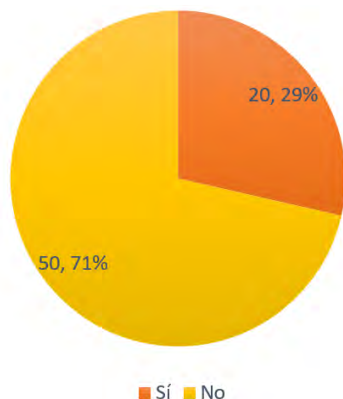


Figura 10. Gráfica respuestas a la pregunta 5

Así, se dejó el *software* a su disposición durante un mes, en el cual ellas podían hacer su trabajo como normalmente lo hacen y después ir a calcular el costo de su chal. Para esto, ellas llevaron un registro de sus materiales, de las horas de mano de obra invertidas y de sus gastos indirectos de fabricación (luz eléctrica, gas, leña, renta, etc.). Al término de ese mes se aplicó la misma encuesta y estos fueron los resultados:

Pregunta 1:

- «El 14 % de la población ha perdido oportunidades de vender su producto por no saber cuánto cobrar y el 86 % ha sabido vender su producto».

Pregunta 2:

- «El 100 % de la población considera es necesario implementar una herramienta de *software* para facilitar el cálculo del costo de sus chales».

Pregunta 3:

- «El 14 % de la población tarda alrededor de 5 minutos para saber el costo de su chal, el 57 % tarda 10 minutos y el 29 % tarda 20 minutos».

Pregunta 4:

- «El 14 % de la población argumenta ser más sencillo el cálculo del costo del chal usando papel y lápiz mientras que el 86 % se le hace más sencillo usar la aplicación en la computadora».

Pregunta 5:

- «El 93 % de la población artesanal considera gracias el calculo del costo del chal puede negociar un precio

justo al cliente, mientras el 7 % considera no se ofrece el precio justo».

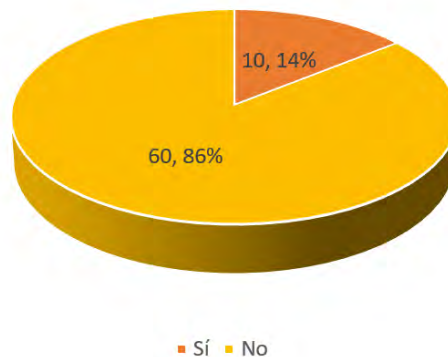


Figura 11. Gráfica respuestas de pregunta 1

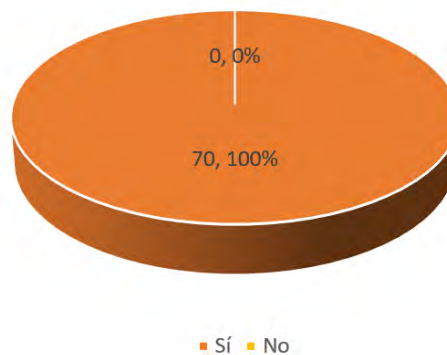


Figura 12. Gráfica respuestas de pregunta 2

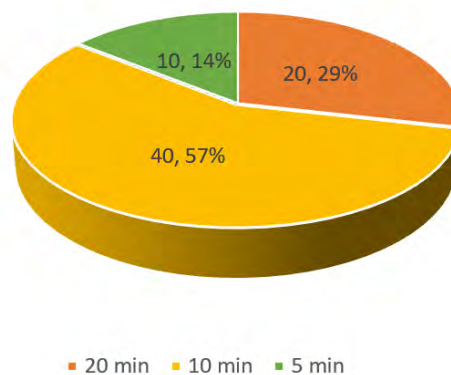


Figura 13. Gráfica respuestas de pregunta 3

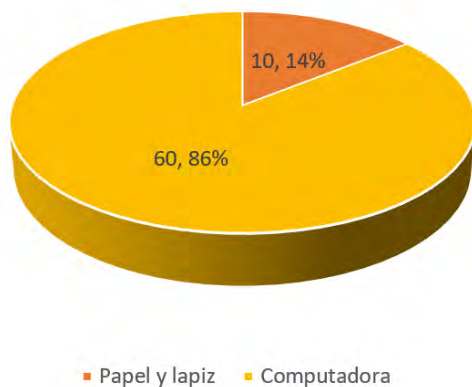


Figura 14. Gráfica respuestas de pregunta 4

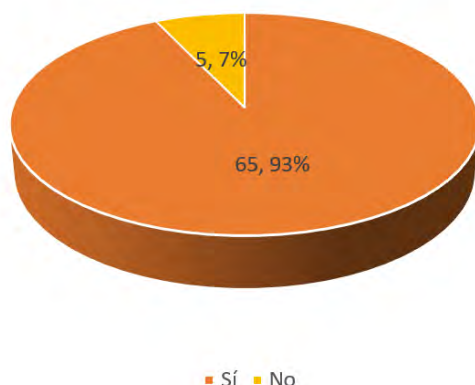


Figura 15. Gráfica respuestas de pregunta 5

Análisis de Resultados

De acuerdo a las respuestas de las artesanas, después de convivir durante un mes con la aplicación se puede dar un resumen de la interpretación de los datos que se representaron en las gráficas anteriores:

- En relación a las respuestas uno, actualmente las artesanas cuentan con una aplicación de software, la cual facilita el trabajo del cálculo de elaboración de un chal bordado; lo que les ayuda a establecer negocios con clientes.
- Con respecto a la pregunta dos, las artesanas argumentan la eficiencia de la aplicación en situaciones donde el cliente pide un chal con características especiales. Utilizar la aplicación para calcular el costo del

chal permite proporcionar al cliente un precio inmediato y justo, logrando acuerdos y cierre de tratos.

- De la pregunta tres se rescata que el tiempo que tardan las artesanas en sacar el precio aumentó un poco en algunos casos, esto porque antes de la aplicación decidían el precio por experiencia, ahora tienen que usar la solución y para algunas sigue representando una tarea lenta sin embargo se espera que con el uso frecuente de la aplicación dicha tarea más rápida. Es posible que conforme pase el tiempo, los minutos necesarios para calcular un costo disminuya.
- La pregunta cuatro habla por sí sola, no hay mucho que explicar, a pesar de que algunas artesanas tardan un poco más en calcular el costo para un chal, casi todas opinan que es más fácil hacerlo en la computadora que con papel y lápiz.
- Por último, la satisfacción y el sentimiento de estar recibiendo lo que es justo aumentaron. Las artesanas creen que sus chales son mejor valorados y que, al tener una forma más sistemática de calcular el costo de ellos, están cobrando lo que es y no lo que el cliente pueda ofrecer. Así, ha disminuido la idea de que su negocio podría no ser rentable en ocasiones.

Conclusión

Después de aplicar y capacitar a las artesanas para utilizar el software para calcular el costo de un chal se pudo observar que el acercamiento de la tecnología a sectores vulnerables favorece su estilo de vida, esto, gracias a una herramienta que ayuda a realizar una tarea fundamental para el trabajo que desarrollan día a día, haciéndolo más sencillo, preciso y justo.

Referencias bibliográficas

- [1] Novelo Oppenheim., V. (2008, 29 marzo). La fuerza de trabajo artesanal mexicana, protagonista ¿permanente? de la industria. SciELO. Recuperado 14 de octubre de 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-70172008000100009
- [2] Heredia, F. J. S. (2013). Las artesanías en México: situación actual y retos. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública.
- [3] Colín, J. G. & Peñaloza, L. G. (2007). Contabilidad de costos. McGraw-Hill Education.
- [4] Academia Pragma. (s. f.). Guía de Experiencia de Usuario (UX) en contextos digitales. Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://www.pragma.com.co/academia/conceptos/guia-de-experiencia-de-usuario-ux-en-contextos-digitales>

Material de Consulta

- [5] Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanas | Gobierno | gob.mx. (s. f.). Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://www.gob.mx/fonart>

- [6] Qué es el lenguaje unificado de modelado (UML). (s. f.). Lucidchart. Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://www.lucidchart.com/p/es/que-es-el-lenguaje-unificado-de-modelado-uml>
- [7] KeepCoding, R. (2022, 11 abril). ¿Qué es MySQL Workbench? KeepCoding Tech School. Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://keepcoding.io/blog/que-es-mysql-workbench/>
- [8] Microsoft Ignite. (2022, 5 octubre). Información general sobre Visual Studio. Microsoft Learn. Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://learn.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2022>
- [9] BIOESTADISTICO | Entrenamiento en Análisis de Datos. (2022, 27 agosto). BIOESTADISTICO. Recuperado 14 de octubre de 2022, de https://bioestadistico.com/?option=com_content

Picosatélite educativo cansat, «Titan-Sat»

^aGarcía García Valentina*, ^aCruz González Jimena y ^bMancilla Cerezo Josué.

^aIngeniería en Gestión Empresarial. Tecnológico Superior de Tepeaca, Av. Tecnológico S/N
Ex-Hacienda Santa Ana, San Pablo Actipan, C.P. 75200, Tepeaca, Puebla, México.

^bLíder del Cuerpo Académico Aplicaciones de tecnologías inteligentes y aprendizaje,
Academia de Ciencias Básicas. Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca, Av. Tecnológico S/N
Ex-Hacienda Santa Ana, San Pablo Actipan, C.P. 75200, Tepeaca, Puebla, México.

*vale.garcia.2105@gmail.com

Resumen

Desde sus inicios el concepto CanSat ha tenido un gran impacto en la educación espacial, ya que por ser un sistema de bajo costo, es muy accesible para poder ser diseñado y construido por alumnos interesados en aprender cómo se lleva a cabo una misión espacial. Desde el punto de vista educativo, un sistema CanSat es una herramienta versátil y eficaz para que los alumnos que lo diseñan y construyen adquieran las competencias básicas de lo que es el desarrollo de una misión espacial real, ya que se sigue la metodología que ocupan las misiones reales a gran escala. El siguiente artículo se describe en el diseño y construcción de un picosatélite educativo CanSat

de Telemetría, el cual recibe el nombre de: «Titan-Sat», la misión de dicho sistema es enviar la información de los diferentes sensores que lo componen a una estación terrena (laptop) a través de telemetría. Se presenta la selección de la misión, así como el procedimiento que se llevó a cabo en la construcción del «Titan-Sat», los pasos llevados a cabo desde la primera etapa a la última, incluyendo diseños electrónicos y diseños mecánicos. Por último, se presentan las pruebas de funcionamiento.

Palabras clave: CanSat, Picosatélite, Telemetría, Estación terrena.

Abstract

Since its inception, the CanSat concept has had a great impact on space education, since, being a low-cost system, it is very accessible to be designed and built by students interested in learning how a space mission is carried out. From the educational point of view, a CanSat system is a versatile and effective tool for the students who design and build it to acquire the basic skills of what is the development of a real space mission, since the methodology used by the real large-scale missions. The following article describes the design and construction of an educational Telemetry CanSat picosatellite, which receives the name: «Titan-Sat», the mission of said

system is to send the information of the different sensors that compose it to a station terrestrial (laptop) through telemetry. The selection of the mission is presented, as well as the procedure that was carried out in the construction of the «Titan-Sat», the steps carried out from the first stage to the last, including electronic designs and mechanical designs. Finally, the performance tests are presented.

Keywords: CanSat, Picosatellite, Telemetry, Earth station.

- CanSat, Can de «lata», Sat de «satélite», Satélite de lata.
- PLA, Ácido poliláctico.

Introducción

Un CanSat es una plataforma de simulación de un sistema espacial que se integra en el volumen y forma de una lata de refresco de 355 ml, con una masa aproximada de 500 g cuya misión es recoger datos o efectuar retornos controlados. La palabra CanSat proviene de CAN = lata en inglés y de SAT = contracción de satélite.

Este instrumento es pequeño y de bajo costo, pero cuenta con las componentes básicas de un satélite, esto permite usarlo como herramienta didáctica.

Las etapas principales de un sistema CanSat son: potencia, computadora, comunicación y misión, las cuales en conjunto simulan las funciones de un satélite de tamaño real. Entre las funciones que pueden desempeñar estos mini-satélites suelen ser utilizados como herramienta didáctica y pueden cumplir cualquier misión para la cual son diseñados [1].

Estos aparatos no pueden recibir instrucciones desde el suelo durante el vuelo, pero sí deben completar una misión que es lo registrar que ocurre en tiempo real, efectuar transmisiones de datos y operaciones autónomas. En

ellos se monta un paracaídas que permite que su caída no sea brusca y ocasione daños mayores al momento de tocar el suelo.

Un Cansat de telemetría pretende ofrecer a los estudiantes una primera toma de contacto con un proyecto real en el tema de la tecnología espacial, consiste en realizar todos los aspectos de un programa aeroespacial desde de la revisión del diseño preliminar hasta publicar un avance de la misión con un pequeño costo y plazo breve de tiempo comparando otros proyectos espaciales.

Este tipo de proyectos ofrecen una oportunidad para estudiantes de tener una primera experiencia de un proyecto espacial real, ya que ellos son los encargados de todos los aspectos de diseño y fabricación del Cansat.

Tabla 1. Etapas del proceso de diseño y fabricación del Cansat [2]

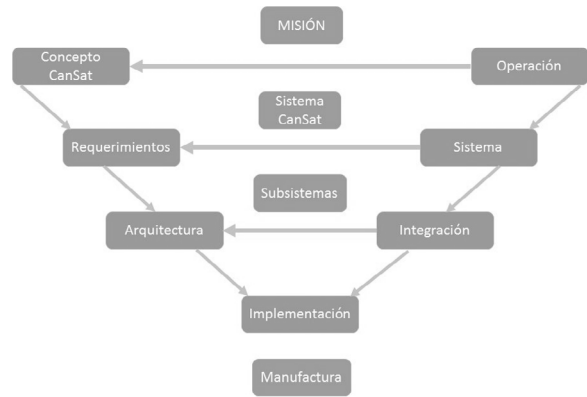
1.	Diseño de Cansat
2.	Selección de objetivo o misión
3.	Integrar cada componente.
4.	Pruebas en tierra

5.	Preparaciones de lanzamiento.
6.	Análisis de los datos.

Materiales y métodos

La metodología aplicada es la metodología del modelo «V», la cual se presenta en la Figura 1. La parte izquierda son todas las actividades teóricas y diseños que se tienen que llevar a cabo, mientras que en el centro se realiza la construcción y en la parte derecha se realizan las pruebas de las etapas ya construidas, con las cuales se validan las etapas del lado izquierdo, es decir cada etapa previa se valida y verifica con lo ya construida (Bermúdez, 2016).

Figura 1. Modelo «V»



Siguiendo el modelo «V» lo primero que se realizó fue seleccionar la misión, la cual es: enviar datos de temperatura externa e interna, humedad relativa, altitud, longitud, nivel de batería, aceleración, vibración y adquisición de video. Recibiendo en tiempo real estos datos en una estación terrena.

Para los requerimientos se realizó una lista de metas, la cual se presenta en la Tabla 3. Esta considera los requerimientos y los subsistemas del Titan-Sat involucrados.

Con base a la Tabla 1 se seleccionaron los dispositivos electrónicos con los cuales se pudieran cumplir las metas definidas. Los dispositivos seleccionados se enlistan en la Tabla 2.

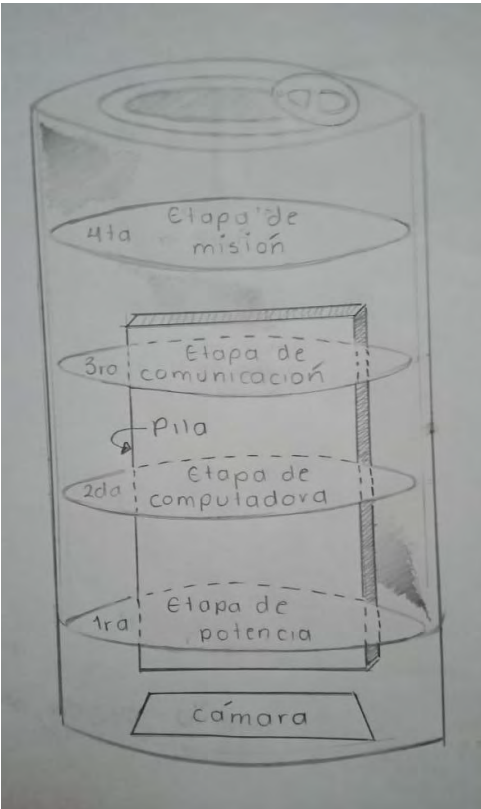
Tabla 2. Dispositivos electrónicos

Mantiene estable la energía suministrada por las baterías al CanSat.	Regulador de 3.3 V
Indicador de voltaje.	Leds.
Oposición que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica.	Resistencias.

Rectificadores para los reguladores.	Capacitores.
Capaz de medir de forma digital la temperatura y humedad relativa.	DHT 11
Enviar coordenadas en tiempo real y exacto a la estación terrena de la localización del CanSat.	GPS GY-NEO6MV2

El siguiente paso de la metodología señala que se tiene que seleccionar la arquitectura del picosatélite. En este paso se realizó un bosquejo de la arquitectura vertical y etapas circulares, como se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 2. Bosquejo de arquitectura vertical



Una vez obtenidos los requerimientos y bosquejos, se procedió a diseñar las etapas electrónicas y mecánicas que darían forma al Titan-Sat. La Figura 3 presenta el diseño de la etapa mecánica, la cual dará soporte a todas las etapas y las protegerá del impacto cuando caiga después de su lanzamiento. Por otro lado, en la Figura 4 se observan los diseños de las etapas electrónicas.

Requerimientos del sistema	Subsistemas comprendidos	Metas
Todos los componentes deben caber dentro de una lata de refresco de 355 ml, a excepción del paracaídas.	Etapas de: Potencia, computadora, comunicación y misión.	La construcción de las etapas adecuadamente.
El peso máximo del CanSat es de 355 g	Etapas de: Potencia, computadora, comunicación y misión.	El diseño de los elementos contenidos en cada etapa no debe rebasar el límite de peso.
Las dimensiones deben ser 66 mm x 123 mm del largo.	Etapas de: Potencia, computadora, comunicación y misión.	El diseño de los elementos contenidos en cada etapa no debe rebasar las dimensiones establecidas.
El intervalo de velocidad del descenso tiene un límite de 5 m/s y 12 m/s.	Descenso.	El módulo de descenso debe ser óptimo.
El sistema de comunicación entre el CanSat y la estación terrena es entre 800 y 1,000 metros en línea recta.	Comunicación.	Hacer uso de un dispositivo suficientemente eficiente para poder mantener comunicación en todo momento.
El CanSat debe ser alimentado a través de baterías o panel solar.	Potencia.	Hacer uso de un dispositivo que suministre energía durante 30 minutos.
La batería debe tener fácil acceso para ser reemplazado en caso de ser necesario.	Potencia.	El diseño de todos los subsistemas debe realizarse de modo que no afecte el acceso a la batería.
El interruptor principal debe estar en un lugar accesible en el CanSat.	Comunicación.	El diseño de todos los subsistemas debe realizarse de modo que no afecte el acceso al interruptor.
Medición de: temperatura externa e interna, humedad relativa, altitud, longitud, nivel de batería, aceleración y vibración.	Potencia, computadora, comunicación, misión.	Subsistema eficiente de voltaje para los dispositivos. POTENCIA
		Subsistema de computadora, debe contener dispositivo para programar. COMPUTADORA
		Subsistema que se encarga de mantener comunicación durante el descenso entre el CanSat y estación terrena. COMUNICACIÓN
		Subsistema que contiene todos los sensores. MISIÓN

Tabla 3. Requerimientos

Figura 3. Diseño etapa mecánica

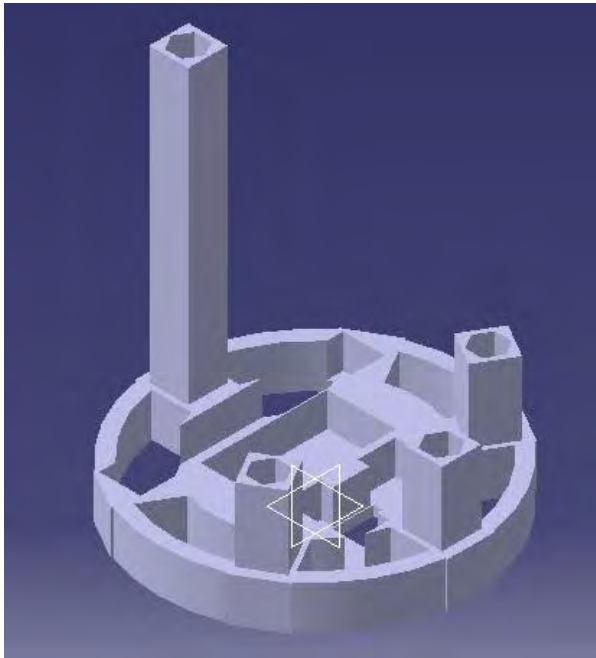


Figura 4. Diseños etapas electrónicas

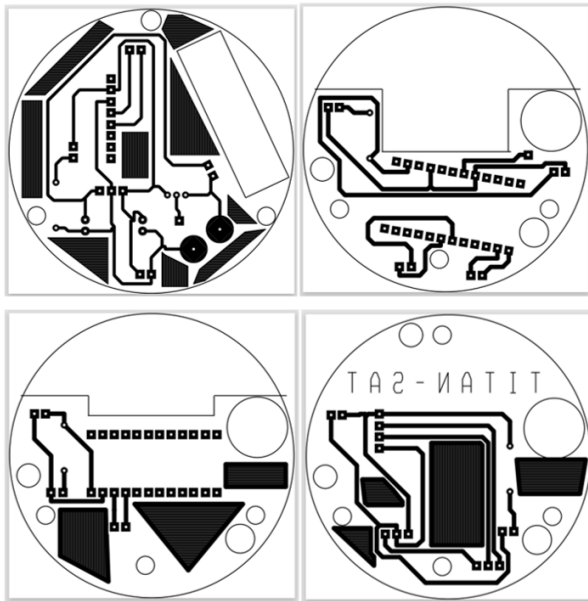


Figura 5. Pase de la tinta impresa a la placa de baquelita por método del planchado



Figura 6. Etapa de potencia estañada

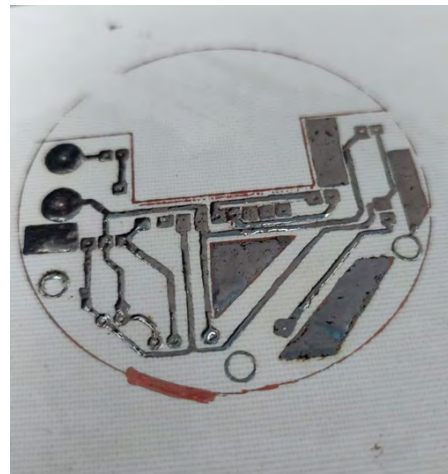


Figura 7. Soldando componentes electrónicos a la etapa de potencia



Estos pasos se replicaron para las etapas restantes que conforman el Titan-Sat. Por otra parte, la estructura mecánica se imprimió en una impresora 3D con material PLA. Una vez construidas todas las etapas se realizaron las pruebas de integración de las etapas y las pruebas de sistema en las cuales se toma en cuenta todo el conjunto de etapas integradas, formando de esta manera el Titan-Sat. La Figura 8 muestra la prueba de funcionamiento que se le realizó a la etapa de potencia. Las Figuras 9 y 10 presentan las pruebas de sistema.

Figura 8. Prueba de funcionamiento a la etapa de potencia

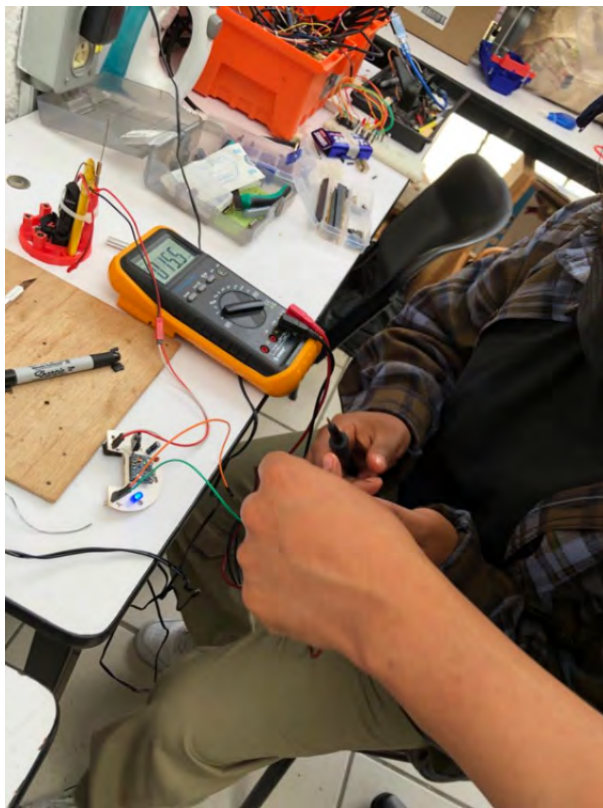


Figura 9. Prueba de sistema etapa mecánica con etapa de potencia y etapa de computadora

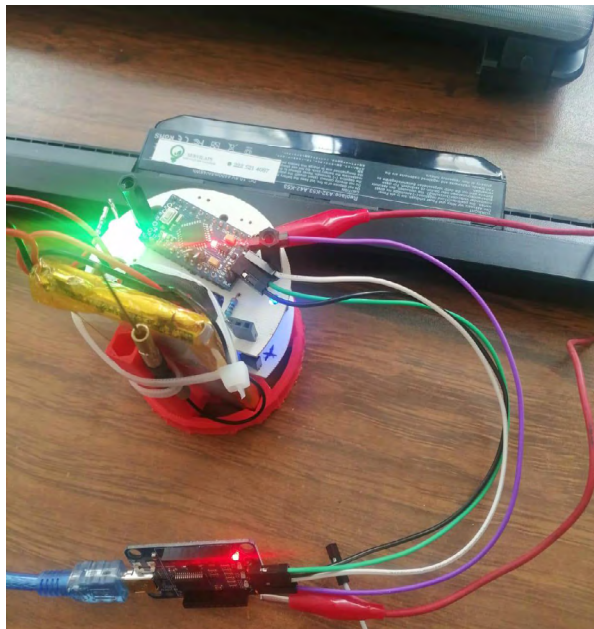
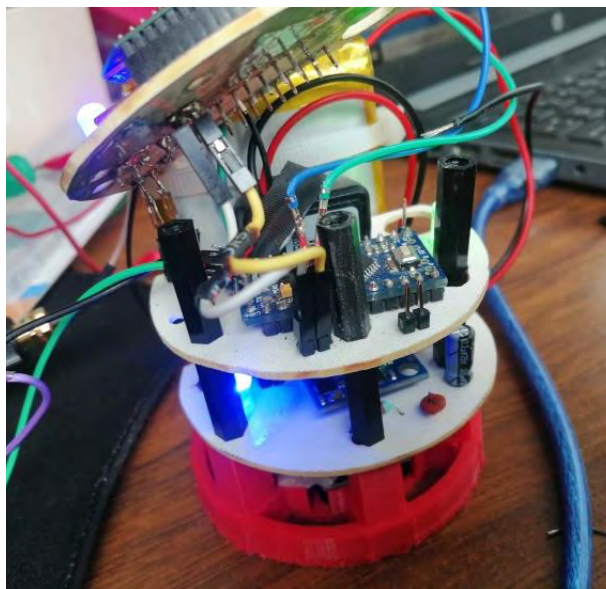


Figura 10. Prueba de sistema etapa mecánica con etapa de potencia, etapa de computadora y etapa de comunicación



Resultados/ Discusión de resultados

Se tuvo como resultado el picosatélite Titan-Sat el cual se presenta en la Figura 11, teniendo un peso de 193 g como se evidencia en la Figura 12.

Figura 11. Picosatélite Titan-Sat

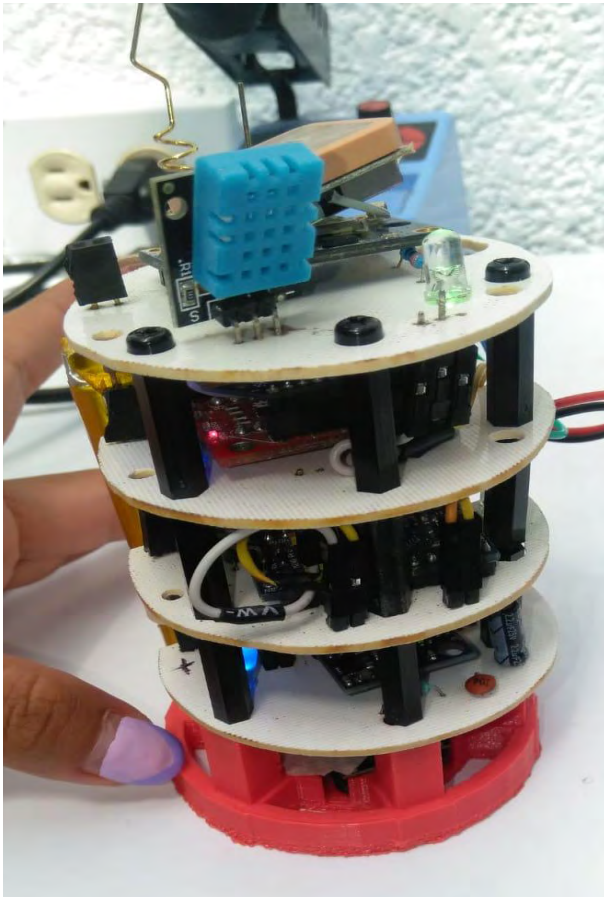
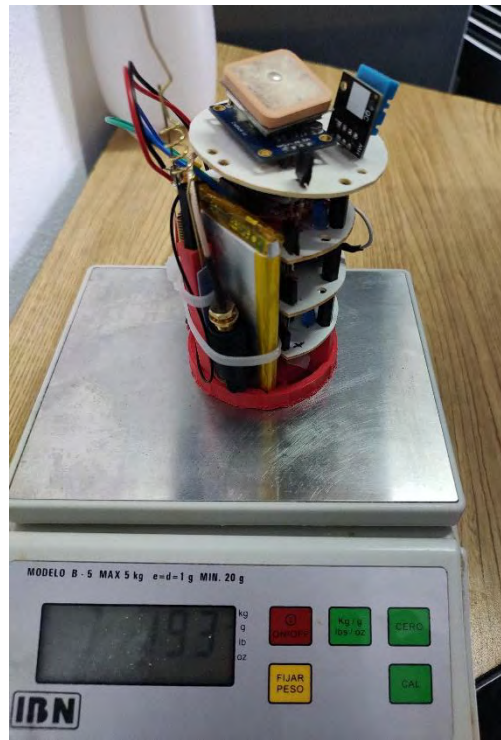


Figura 12. Picosatélite Titan-Sat, peso de 193 gramos



Se realizó la última etapa del modelo «V» lanzando al Titan-Sat desde un tinaco de agua elevado como se puede apreciar en la Figura 13. En este lanzamiento durante el descenso el Titan-Sat pudo transmitir los datos de los sensores a la estación terrena, como se puede observar en la Figura 14. Culminando así el diseño y construcción de un picosatélite CanSat de telemetría nombrado Titan-Sat.



Conclusiones

De acuerdo con las investigaciones previas, tenemos el análisis sobre un picosatélite de distintos tipos de CanSat, distintas maneras de construirse y de diseñarse.

Los participantes realizan todas las fases de un proyecto espacial, iniciando desde la selección de los objetivos de la misión hasta el diseño del CanSat, la manera en que se integran los componentes, la comprobación del funcionamiento adecuado del sistema, la preparación del lanzamiento y el análisis de los datos obtenidos, además de que abre la creatividad de los participantes que experimenten su fabricación, enriquezcan y adquieran conocimientos, ya que es un proyecto multidisciplinario.

En este proyecto se resalta la enseñanza de conocer la tecnología espacial a través del dispositivo espacial ya elaborado. Un CanSat es útil, puesto que los integrantes desarrollan habilidades para encontrar soluciones para fallos electrónicos, problemas físicos, diseños, construcción, aplicación industrial y procesamiento de materiales.



Figura 14. Recepción y gráficas de datos en estación terrena

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

En el caso de trabajos a futuro, se espera obtener financiamiento para poder diseñar y construir una estructura de aluminio que cuente con un tren de aterrizaje para que el picosatélite siempre caiga de manera vertical y sea protegido por dicha estructura.

También se espera diseñar una etapa de potencia con paneles solares para que el picosatélite se asemeje aún más a un satélite real de grandes dimensiones.

Agradecimientos

El equipo GALACTICS agradece a los directivos, y todo el personal del Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca por su apoyo en la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas

- [1] Sahara, H. y Ando E. 2013. CanSat Leader Training Program (CLTP). Disponible en: http://cltp.info/pdf/121010-13Sahara_Ando_CLTP3_Report_Full Paper.pdf
- [2] Janson, SW (2008). The History of Small Satellites, en Helvajian, H., y Janson, S.W. (eds.) Pequeños satélites: pasado, presente y futuro. California: Prensa aeroespacial. Disponible en: <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/166>

Material de consulta

Bermúdez, R. 2016. Septiembre - Octubre. CIENCIA UANL. Disponible en: <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=6442>



Interdisciplinarias

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

Desarrollo de una prótesis de mano parcial mediante el uso de metodologías de diseño y manufactura aditiva

^aSan Pedro Ochoa Eduardo* y ^bCervantes Martínez Alfredo Eduardo

^aBenemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4 Sur 104, Centro Histórico C.P. 72000, Puebla, Puebla.

^bInstituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 Sur, Col. Centro, C.P. 85000 Ciudad Obregón, Sonora.

*eduardo.snpedro@alumno.buap.mx

Resumen

En el presente trabajo se describe el desarrollo de un prototipo de prótesis de bajo costo y fácil de adaptar a la fisiología de los usuarios. Se realizó un análisis del estado del arte y se determinó trabajar en una prótesis de miembro superior de mano parcial, considerando la pérdida de la extremidad desde parte de la falange proximal. Para el desarrollo del prototipo se hizo uso de la metodología QFD, para ello se aplicó una encuesta a una muestra poblacional dentro de un rango de edad establecido dentro de la ciudad de Puebla, para determinar algunas de las características de la prótesis, con ello se

desplegaron dos matrices que permitieron proponer un prototipo de acuerdo con las necesidades de los usuarios. El diseño de la prótesis considera el uso de articulaciones por flexión y sus dimensiones son fácilmente adaptables, ya que depende de pocas variables. La fabricación de la prótesis se hizo mediante la tecnología de manufactura aditiva conocida como FDM, utilizando un polímero flexible.

Palabras clave: Prótesis de mano parcial, Metodología QFD, Articulación de flexión, Manufactura aditiva.

Abstract

This paper describes the development of a low-cost prosthesis prototype that is easy to adapt to the user's physiology. A review of the state of the art was carried out, and it was decided to work on a partial hand upper limb prosthesis, considering the loss of the limb from part of the proximal phalanx. For the development of the prototype, the QFD methodology was used, for which a survey was applied to a population sample within an established age range within the city of Puebla to determine some of the characteristics of the prosthesis. Two matrices that allowed us to propose

a prototype according to the needs of the users. The design of the prosthesis considers the use of flexion joints, and its dimensions are easily adaptable since it depends on few variables. The prosthesis was manufactured using additive manufacturing technology known as FDM using a flexible polymer filament.

Keywords: Partial hand prosthesis, QFD methodology, flexion joint, additive manufacturing.

- SEDIF, Sistema Estatal para el Desarrollo Integral de la Familia
- DIF, Desarrollo Integral de la Familia
- QFD, *Quality Function Deployment*
- FDM, *Fused Deposition Modelling*
- STL, *Standard Triangle Language*
- TPU, Poliuretano termoplástico
- PLA, Ácido poliláctico

Introducción

A continuación, se presenta de manera general la importancia del desarrollo de prótesis en la ciudad de Puebla, así como los problemas que presenta la tecnología actual para su manufactura y fabricación, considerando el aspecto socioeconómico y las diferentes limitaciones que se presentan en los usuarios, con la finalidad de comprender los datos actuales respecto a lo que se busca con el desarrollo de la investigación, haciendo hincapié en las prótesis de miembro superior.

Antecedentes

Sufrir una amputación es una de las situaciones más difíciles y devastadoras que podrían sucederle a una persona. Perder una extremidad no es solo un desafío físico, lleva consigo también uno psicológico, ya que la autoestima de una persona tiende a cambiar, así como la percepción que tiene sobre sí misma [1]. La pérdida de un miembro superior afecta rigurosamente la capacidad de los amputados para realizar la mayoría de las actividades comunes en su

día a día, por lo que el reemplazo eficiente de las funciones perdidas por medio de una prótesis tiene la ventaja de mejorar la calidad de vida de las personas que viven con la pérdida de una extremidad. Las amputaciones de mano parcial varían desde un solo dedo o múltiples dedos hasta amputaciones carpometacarpianas, donde la flexión y la extensión de la muñeca suele estar conservada.

En México son frecuentes las amputaciones menores de extremidades torácicas. Más del 75 % del total de las amputaciones traumáticas accidentales afectó las extremidades torácicas distales, en particular a un solo dedo diferente al pulgar. En 2014 se registraron 510 casos donde la afectación fue en un solo dedo, 279 casos en donde fueron afectados dos dedos o más, y 83 casos donde se afectó el dedo pulgar [1]. En 2014 se registraron 1 347 amputaciones de origen accidental que afectaron mayormente a hombres, con el 75 % del total de casos registrados. En general, estas amputaciones provenientes de accidentes afectaron a los adultos jóvenes con edades de entre los 20 y 39 años, los cuales podrían identificarse como el grupo poblacional con mayor afectación. Sin embargo, si se consideran en conjunto a infantes y adolescentes, concentran 39.4 % de todas las lesiones, lo cual

representa una cifra muy elevada, considerándose como una población en particular vulnerable.

La principal causa de amputaciones traumáticas accidentales en México por explosiones corresponde al uso y manipulación de fuegos artificiales, con 75 % de los casos por este agente. La población con mayor afectación por esta causa fueron infantes y adolescentes, con 58.3 % de todos los casos. El 33.3 % de estas lesiones ocurrió durante los meses de diciembre y enero, lo que tal vez esté relacionado con festividades y, como es de esperar, sucedieron en las calles y los hogares. La totalidad de estas lesiones afectaron la mano con dos dedos o más [1]. Puebla ocupa el segundo lugar en accidentes por pirotecnia con un total de 12 explosiones y 31 víctimas en el periodo que se menciona según la iniciativa de decreto por el que se adiciona el artículo 69 bis de la Ley del Sistema Estatal de Protección Civil del Estado de Puebla en el año 2020.

La restauración protésica funcional es posible cuando falta toda la mano o uno o más dedos, utilizando energía mecánica o externa. Para un paciente con amputación de mano parcial, otro objetivo es el mejoramiento de la aceptación psicológica de la prótesis, lo que se lograría recreando una percepción total de la funcionalidad y un aspecto cosmético. Las personas que han perdido esta parte del cuerpo desean obtener nuevamente no solo la forma estética sino también la funcionalidad. Por otra parte, la habilidad de dominar el movimiento de la prótesis de forma automática e inconsciente se logra con éxito cuando el paciente alcanza una rehabilitación donde la limitación física se hace irrelevante, dejando de ser una fuente de interferencia en las actividades cotidianas, recuperando la función de la extremidad y obteniendo una mejor calidad de vida.

Actualmente existen diferentes instituciones y organizaciones públicas que se dedican a la producción y fabricación de diferentes tipos de prótesis. Por ejemplo, en 2020, de acuerdo con el portal web del Sistema Estatal DIF, en Puebla, más de 3 mil 328 personas con discapacidad recibieron un aparato de rehabilitación o una ayuda funcional por parte del SEDIF; se da especial énfasis a las más comunes, que suelen ser de miembro inferior, mientras que las de miembro superior se encuentran prótesis para la desarticulación de la muñeca, prótesis por debajo del codo y desarticulación del codo, y prótesis por encima del codo. Son muy pocas las instituciones que se especializan completamente en prótesis funcionales de mano parcial.

Los dedos de las manos proporcionan un poderoso agarre, pero también permite manipular objetos pequeños con gran precisión. Debido a esto, las personas optan por el uso únicamente de prótesis estéticas, generalmente de silicón sujetas de diversas formas, dependiendo de cada caso en particular. La forma más frecuente es por medio de succión, al colocar la prótesis en el muñón, formando un ligero vacío entre el silicón y la piel, manteniéndola en su

posición, pero sin el movimiento de flexión y extensión que los caracteriza; además, implica un costo elevado.

Contexto

La manufactura aditiva es un método de producción digitalizada que consiste en fabricar objetos previamente modelados, mediante la deposición de capa por capa de material, hasta conformar un objeto tridimensional [2]. Es un método de manufactura cuyo objetivo es producir artículos por medio de un modelo digital y sin necesidad de moldes. A diferencia de los procesos de manufactura tradicional, con este método no se elimina material durante la creación. Son numerosas las ventajas de la manufactura aditiva, destacando la flexibilidad y versatilidad en el diseño, la disminución del uso energético y la reducción del tiempo a mercado, entre otras [3]. A menudo, los términos de impresión 3D y fabricación aditiva se utilizan como sinónimos, especialmente en el lenguaje coloquial; sin embargo, no son exactamente lo mismo. La manufactura aditiva hace referencia a todas las técnicas de fabricación por adición de material y empleadas con el objetivo de producir nuevos componentes complejos y durables, mientras que la impresión 3D hace alusión a la fabricación de modelos o piezas finales de modo rápido, pero limitado; además, habitualmente se limita a un tipo concreto de tecnología aditiva.

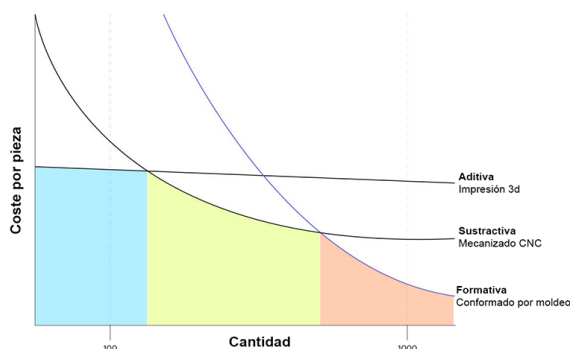
Actualmente, para la fabricación de las prótesis se utilizan diversos materiales y otras herramientas como *software* especializado para el diseño 3D que facilitan la generación, modificación y optimización de un diseño de piezas más o menos complejas, además de otros métodos como el escaneo computarizado. Si bien la fabricación de las piezas se realiza de manera masiva, los dispositivos ortopédicos forman parte de la tendencia general de los bienes de consumo hacia la personalización; los fabricantes de dispositivos médicos buscan maneras de personalizar sus productos para la fisonomía de cada paciente y otras preferencias, mismas que con apoyo de estas herramientas facilitan su diseño. La fabricación es compleja y existen un gran número de dimensiones para comparar exhaustivamente cada método con los demás. Es casi imposible optimizar todo a la vez en cuanto a costo, velocidad, complejidad geométrica, materiales, propiedades mecánicas, acabado superficial, tolerancias y repetibilidad.

- La fabricación aditiva es mejor en volúmenes bajos, diseños complejos y cuando la velocidad es esencial.
- La fabricación sustractiva es mejor para volúmenes medianos, geometrías simples, tolerancias estrechas y materiales duros.
- La fabricación formativa es mejor para la producción de alto volumen de piezas idénticas.

En la **Figura 1** se muestra que el precio para series cortas es inferior en la manufactura aditiva. Es cierto

también que el precio prácticamente no decae con el número de unidades, como sí ocurre con la manufactura sustractiva o la fabricación por inyección en molde. Si bien el coste de fabricación varía enormemente en función de qué tecnología de fabricación aditiva se use, en general, el precio es bastante más reducido que con manufactura tradicional. Como se pudo observar, la fabricación aditiva es la tecnología más barata cuando el número de unidades de una pieza es bajo. Por esta razón es ideal para prototipado rápido, cuando solo se quiere hacer una o unas pocas unidades de una pieza [4].

Figura 1. Comparación de los diferentes tipos de manufactura



Planteamiento del problema

No debería sorprender que las manos sean el principal lugar donde se producen lesiones de amputación, puesto que se usan muy a menudo y de diferente forma. Tras la pérdida de la movilidad al sufrir la amputación de una extremidad de mano parcial, se requiere reproducir la mayoría de los movimientos naturales por medio de una prótesis, la cual debe cumplir con algunos otros aspectos importantes para el paciente como suelen ser la comodidad y estabilidad, considerando también detalles ligados a la imagen corporal del paciente según la extremidad. Las dificultades reales para acceder a prótesis son un grave problema al que se enfrentan las personas con discapacidad que precisan de estos productos para el desarrollo de su vida diaria. El coste económico y el desconocimiento conllevan a la adquisición de prótesis y ayudas técnicas inadecuadas a las necesidades reales. Según el estudio «El impacto emocional de la ayuda técnica», el problema más grave es el acceso a estos productos, debido fundamentalmente a su coste económico. Por tanto, se prioriza el precio antes que la funcionalidad y eficacia de las prótesis. El ahorro económico inicial que supone no facilitar una ayuda técnica óptima repercute en un deterioro emocional y físico para el usuario y en un mayor coste futuro [5] [6].

Una de las áreas de desarrollo más importantes para la industria metalmecánica es la manufactura de dispositivos médicos. De este amplio campo de posibilidades se desprende la fabricación de prótesis humanas que demanda nuevos materiales y operaciones de maquinado muy especiales. Ante una competencia tan intensa, los fabricantes de dispositivos buscan continuamente maneras de conseguir que la manufactura de piezas sea más rápida y rentable. La diversidad de productos se ha convertido en una ventaja competitiva clave. Como resultado, los fabricantes de herramientas de mecanizado se encuentran bajo presión para desarrollar rápidamente distintas maneras de maquinar formas complejas, y se están centrando en la velocidad y flexibilidad de las tecnologías de las herramientas de corte. Las iniciativas tecnológicas de fabricación incluyen impresiones 3D y tecnologías de refrigeración avanzadas para operaciones de mecanizado [7].

Lo anteriormente expuesto plantea las siguientes preguntas:

- ¿Qué proceso de fabricación permitiría manufacturar una prótesis de bajo costo y funcional?
- ¿Qué herramientas de diseño se pueden utilizar para el desarrollo de una prótesis de bajo costo?

Objetivo

Diseño de una prótesis de miembro superior de mano parcial con el que pueda recuperar la función de la extensión y flexión, fabricada mediante tecnologías de manufactura aditiva, adaptable mediante parámetros específicos a las necesidades de los usuarios y de bajo costo.

Justificación

El presente trabajo de investigación permitirá identificar las diferentes problemáticas presentes en las prótesis de mano parcial. Las prótesis actuales, particularmente de miembros superiores dedos y manos, se basan en piezas rígidas convencionales con articulaciones giratorias o mecanismos complejos que requieren importantes operaciones de fabricación y montaje, lo que en consecuencia aumenta en el costo de fabricación y disminuye su rendimiento [8]. Los principales problemas que se presentan para la aceptación de dichas prótesis por parte de los pacientes son la baja durabilidad, poca resistencia, gran complejidad en su cuidado y uso, así como una apariencia bastante lejana estéticamente a cómo se vería una extremidad en su normalidad. En el grupo al que se ha hecho referencia se puede incluir los que han sufrido amputaciones de algún tipo o por circunstancias especiales. Por lo tanto, requieren que se les proporcione una prótesis adecuada a sus necesidades. De desarrollarse esta propuesta, impactaría en el sector secundario o industrial en la ciudad de Puebla, abaratando los costos de

fabricación y abasteciendo directamente las necesidades de los pacientes. Favoreciendo principalmente a personas que sufrieron de alguna amputación de este tipo y que por cuestiones económicas no puedan costear una prótesis funcional, hospitales, centros de rehabilitación e instituciones sin ánimo de lucro.

Materiales y métodos

Esta sección presenta los requisitos de diseño y la solución propuesta correspondiente al prototipo deseado. Se explica cada uno de los factores importantes para la correcta ejecución.

Objeto bajo estudio

El propósito de estudio surge a raíz de la problemática que se quiere solucionar, en este caso se plantea como objeto de estudio una prótesis de miembro superior de mano parcial impulsada por el movimiento corporal, funcional, con ciertas características estéticas, con la facilidad de ser fabricada mediante manufactura aditiva, económica, adaptable para cualquier usuario que lo requiera, para uno o varios dedos en específico.

Materiales

En la Tabla 1 se pueden observar los materiales como *software*, máquinas de impresión, materiales de los filamentos y las herramientas que se utilizaron y fueron necesarias en el desarrollo teórico-práctico del proyecto, donde se describen brevemente su principal aplicación.

Método

Considerando los factores dentro del proyecto, se optó por una prótesis de miembro superior de control corporal o impulsadas por el cuerpo. Dentro de la misma categoría, se decidió por una prótesis de tipo parcial de mano que van desde uno o varios dedos, donde el movimiento de estas extremidades artificiales se efectúa usando energía mecánica, transmitiéndose por medio de otra extremidad funcional.

Revisión del Estado del Arte: se realiza una investigación documental exhaustiva que permite el estudio del conocimiento trascendental acumulado dentro del área específica, en este caso la creación, diseño y manufactura de diferentes prótesis parciales de mano, enfocándose a un solo dedo. En otras palabras, la búsqueda, lectura y análisis bibliográfico en relación con el tema en cuestión. Se identifican las principales problemáticas y necesidades referentes a la bibliografía seleccionada con el objetivo de hallar una oportunidad de desarrollo de solución a las diferentes cuestiones que se presentan en el diseño, implementación y

Software		
Creo Parametric	PTC	Software de diseño y modelado asistido por ordenador en 3D que permite crear el modelo en tridimensional de la prótesis y darle un formato de lectura para el <i>software</i> de impresión.
APEX 3D	AirWolf 3D	Software de impresión 3D que permite realizar ajustes configurables en las características, geometrías, mecánicas, peso, costos y las estructuras de soporte impresos antes de una impresión.
Máquinas de impresión		
Creality Ender 3 Pro	Creality	Permiten reproducir un objeto sólido tridimensional mediante la adición de material, cuyo diseño se realiza en computadora.
AXIOM DUAL Extruder 3D Printer	AIRWOLF 3D	
Material de filamento		
TPU	ASTA	Material termoplástico flexible y resistente a la abrasión. Se emplea en el proceso de fabricación del prototipo con articulaciones de flexión.
PLA	Luktec	Biopolímero termoplástico, biodegradable y biocompatible. Se utiliza en el proceso de fabricación del prototipo con articulaciones mecánicas.
Herramienta		
Google forms	Google	Software de administración de encuestas que permite fácilmente crear y publicar formularios, permitiendo ver los resultados de manera gráfica.

Tabla 1. Materiales considerados para el desarrollo del proyecto

manufactura, así como la recopilación de las actuales soluciones que se encuentran en el mercado.

Desarrollo de QFD: se recurre a la metodología QFD, para identificar y transformar las necesidades y deseos de los usuarios en requisitos de diseño, para la elaboración de un producto, en este caso, aplicándolo a los objetivos del proyecto, para el desarrollo de una prótesis de mano parcial. El Despliegue de la función calidad (QFD), metodología usada en la ingeniería de la calidad, es un análisis sistemático de las necesidades del usuario para mejorar la calidad de los productos [9]. El concepto básico de la metodología es trasladar los requerimientos del usuario hasta los requerimientos de producción, mediante una serie de fases y matrices. En la **Figura 2** se puede observar cómo es que el desarrollo se da a partir de una matriz anterior:

- De requerimientos del usuario a características de calidad.
- De características de calidad a características de partes.
- De características de partes a parámetros de procesos.
- De parámetros de procesos a requerimientos de producción.

En esta metodología, la primera matriz describe las especificaciones de diseño, la segunda el diseño del producto, la tercera la incorporación de los sistemas (diseño del proceso) y la cuarta la propuesta de implementación y calidad. La ventaja de esta metodología está en dar mayor calidad en el diseño, incorporación de muchos requerimientos, menor costo y disminución en el tiempo de implementación. Cada una de las cuatro fases incorpora requerimientos que van consolidando una propuesta robusta e integrada para la concepción del prototipo. Considerando estos aspectos, se establece la elaboración únicamente de las dos primeras matrices para el desarrollo de los diferentes prototipos de propuesta para el proyecto.

Desarrollo de la primera matriz: la primera matriz involucra los aspectos más importantes que permiten desarrollar el modelo conceptual; se considera la parte más importante, siendo fundamental para establecer el camino a seguir. Como resultado del desarrollo de esta matriz, se inicia la elaboración de diferentes propuestas de acuerdo con los datos proporcionados. Esta herramienta permite evaluar sistemáticamente el nivel de impacto que tienen las características de dicho producto, servicio o proceso sobre las necesidades del cliente. El proceso QFD emplea para su construcción una o más matrices comúnmente denominadas tablas de calidad [10]. A continuación, se explicarán cada uno de los distintos sectores de la QFD:

1. Organización de las necesidades
2. Evaluación competitiva
3. Atributos técnicos
4. Relación entre necesidades y atributos técnicos
5. Priorización de atributos técnico
6. Interrelaciones de los atributos técnicos

Figura 3. Sectores de la QFD

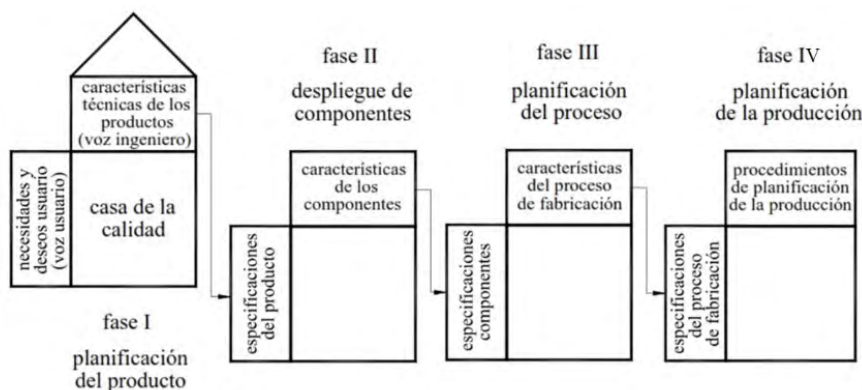
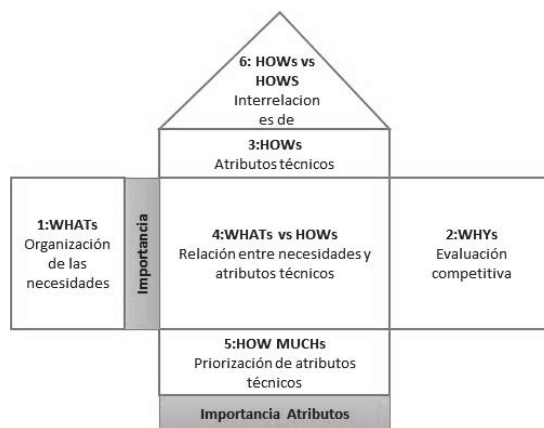


Figura 2. Fases de Matriz QFD

Desarrollo de la segunda matriz: la segunda matriz toma los requerimientos funcionales de la primera matriz, es decir, las características técnicas, y ahora se incorporan como fuente de requerimientos o especificaciones del producto, donde se completará conjuntamente con las características de los componentes. Los objetivos principales de esta segunda fase de la metodología es seleccionar la mejor propuesta de diseño, determinando las partes críticas y sus características para posteriores desarrollos. Mientras que la primera matriz proporciona las especificaciones de diseño, la segunda facilita las especificaciones de las partes.

Fabricación y ajuste del prototipo: se considera para la fabricación la impresión 3D por FDM, es un proceso de manufactura aditiva dentro del ámbito de la extrusión de materiales. Consiste en construir por partes capa por capa sobre una plataforma de construcción, depositando selectivamente material fundido en un camino predeterminado; se utilizan polímeros termoplásticos que vienen en forma de filamentos hasta obtener una pieza completa. Por lo tanto, se debe considerar el diseño digital del prototipo generado, exportándose a un formato STL que define la geometría de objetos 3D, posteriormente, se transmite a un segundo *software* de laminado que permite asignar los diferentes parámetros de impresión. De igual manera, se seleccionan los materiales que se deberán implementar de acuerdo con el diseño del prototipo. Entre los distintos parámetros importantes se encuentran: velocidad de impresión, velocidad de retracción, velocidad de desplazamiento del cabezal, temperatura de impresión, temperatura del extrusor, temperatura de la cama que se encuentra relacionada con el tipo de material por su adhesión del material a la cama, alto de la capa, porcentaje de relleno, implementación de soportes de apoyo, orientación de impresión, entre otros.

Fabricación del prototipo final: finalmente, una vez realizados los ajustes específicos correspondientes de acuerdo con los diferentes modelos, se realizan pruebas técnicas y, una vez terminadas, se procede a la fabricación del prototipo final.

Resultados/ Discusión de resultados

Como resultados dentro de la revisión del estado del arte se obtuvo una extensa recopilación con diferentes referencias, donde se resaltan varias causas de amputaciones de miembro superior, así como el rango de edades de las personas afectadas; por otra parte, se puede observar el hecho de que no hay un gran número de empresas dedicadas al desarrollo de prótesis en México, así como la escasa producción y desarrollo de prótesis de miembro superior de mano parcial, dedos en específico, dándole mayor importancia a las prótesis completas que van desde la desarticulación de la muñeca, por debajo o encima del codo, siendo

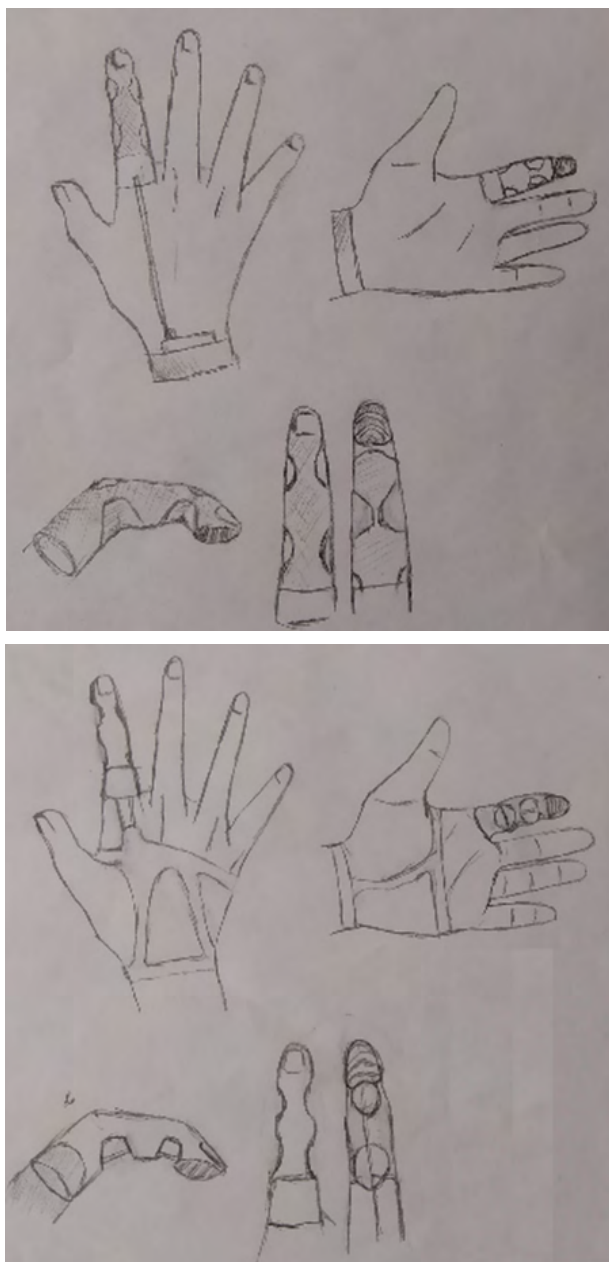
estas de tipo mioeléctricas. También se pudo observar una mayor tendencia en la utilización de diferentes técnicas de manufactura aditiva, ya que ofrece características como la personalización, la flexibilidad en el diseño y la fácil fabricación, además de la disminución de desperdicio en la materia prima. Se definió la necesidad, la cual es recuperar las capacidades motrices afectadas por una amputación, además de solucionar los problemas mentales ocasionados como consecuencia; la solución debe ser de bajo coste, no tóxica, funcional, adaptable, ergonómica y estética. Se identificó el mercado potencial: personas amputadas de bajos recursos, hospitales e instituciones sin ánimo de lucro, e investigadores. Con lo anterior definido, se procedió a desarrollar la metodología QFD.

Desarrollo de QFD

Se aplicó una primera encuesta a 114 personas en un rango de edad de 18 a 45 años, residentes de la ciudad de Puebla. Dicha encuesta consistió en 9 reactivos que constaron de cuatro preguntas cerradas, cuatro preguntas abiertas y una de opción múltiple; con base en los resultados se identificaron las necesidades del cliente, las cuales sirvieron para el llenado de la primera matriz.

Desarrollo de la primera matriz: a partir de los resultados obtenidos del llenado de la primera matriz, se discutieron algunas de las diferentes alternativas que podrían orientar el proyecto, considerando diferentes opciones de prótesis; en cuanto al movimiento, se selecciona una que fuera impulsada por el cuerpo, es decir, por el movimiento natural de la mano o de otra extremidad funcional, como puede ser otro dedo. A continuación, se muestra la primera matriz. Las diferentes propuestas estipuladas se diferencian por la apariencia y el ajuste para su movimiento, ambas permitirían el movimiento articular por flexión. A partir de lo anterior, se proponen diferentes bocetos para considerar un diseño preliminar que incluye los elementos básicos del modelo establecidos con los resultados de la primera matriz, presentando de esta manera un primer esbozo a partir del cual se van a ir elaborando prototipos para llegar a la solución óptima para el proyecto. En la **Figura 4** se observa el primer boceto con articulaciones, las cuales por medio de su diseño permiten la flexión, de igual manera se integra un patrón en la superficie de contacto. Considerando el modelo, se busca una similitud estética que asemeje a una extremidad natural.

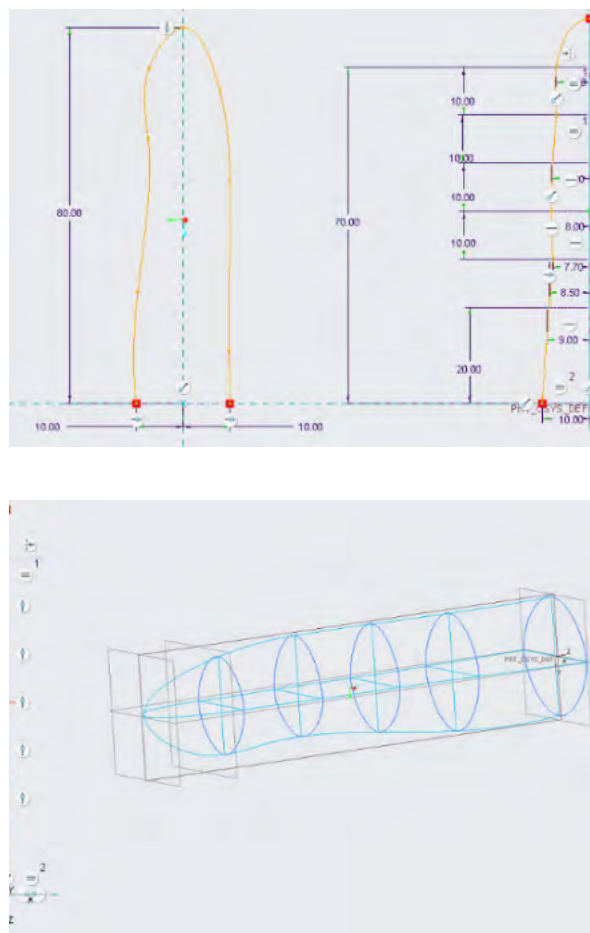
Desarrollo de la segunda matriz: si bien la mayoría de las partes protésicas del cuerpo funcionales conservan una forma antropomórfica, pero con aspecto robotizado, tienen un rango de movimiento limitado y no se ven particularmente realista. Esta prótesis busca unir en conjunto ambas características. La mayoría de los dedos protésicos se fabrican por partes y, posteriormente, se ensamblan para obtener una sola pieza mecánica; sin embargo, es necesario utilizar piezas externas como tornillos o pasadores.



De acuerdo a los resultados de la segunda matriz y con base en las necesidades de los usuarios, el objetivo de este prototipo consiste en fabricar la extremidad artificial en una sola impresión, por otra parte, se busca que sea una pieza sólida con articulaciones de tipo bisagra, donde su diseño permita la flexión y extensión entre falanges, siendo impulsada por el movimiento articular de la muñeca mediante un lazo o cuerda elástica que sirva de conector, permitiendo la retracción y contracción de manera natural.

Para comenzar con el diseño de este primer prototipo se tomó en cuenta la estructura fisiológica de los usuarios que sufren una amputación parcial, considerando parte de la falange proximal, por lo que la prótesis contaría con los movimientos de las articulaciones entre falanges distal, intermedia y proximal. En el diseño se consideraron las dimensiones proporcionadas de acuerdo con los diferentes tamaños de dedos que pueden tener los usuarios, estas dimensiones se pueden observar en la **Figura 5**. Las dimensiones finales de la prótesis se establecieron en función de un parámetro, el cual al ser modificado puede cambiar la longitud y ancho del dedo, adaptándose a las necesidades del usuario. De esta manera se consigue la estructura base que compone el diseño de la extremidad.

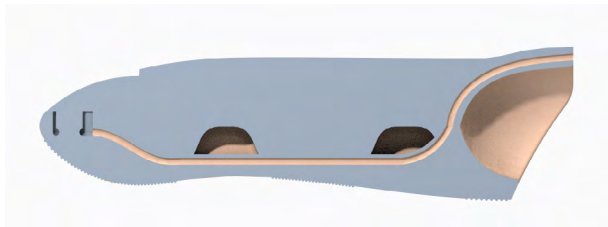
Figura 5. Dimensiones de acuerdo con la fisiología



Al tener en cuenta un diseño simple y sin mecanismos para mínimos ensambles, pero con la misma funcionalidad, se consideraron las articulaciones de tipo bisagra para lograr la flexión en las articulaciones. De igual manera, se consideró el canal donde se introducirá el lazo o cuerda elástica que servirá para efectuar la retracción y

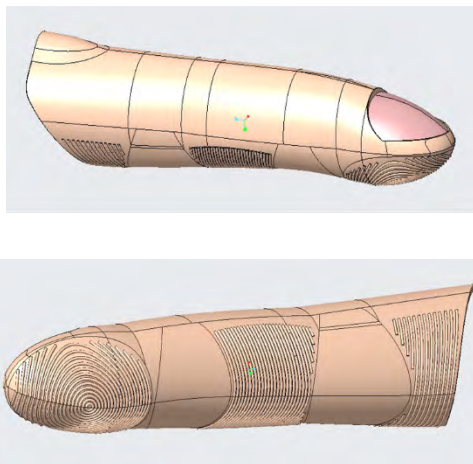
contracción, siendo las bisagras el punto donde se generará mayor deformación, como se puede observar en la **Figura 6**. Se consideró la introducción de otros parámetros y relaciones de acuerdo con las características del muñón de los usuarios. Como se mencionó con anterioridad, se debe introducir el hilo que se tensará para efectuar su movimiento, por lo que fue necesario seccionar la estructura para poder introducirlo de manera sencilla y así mismo tenerlo sujeto a una pieza que se diseñó con la finalidad de distribuir de mejor manera la fuerza de tensión a la que se sometería si se consideraba la sujeción en un solo punto.

Figura 6. Colocación del canal



Uno de los factores fundamentales para considerar en el diseño es la estética, por lo que se trató de que el diseño de prótesis fuera lo más detallada, asemejándose a una extremidad real; así mismo, se integra un patrón en las huellas dactilares para tener un mejor contacto con las diferentes superficies al momento de manipular distintos objetos, esto se puede visualizar en la **Figura 7**. Se integró un patrón en la superficie de contacto interna de la que sería la yema del dedo, también este mismo patrón se agregó entre el pliegue digital distal y el pliegue digital proximal, al inicio del pliegue digital palmar y pliegue digital proximal.

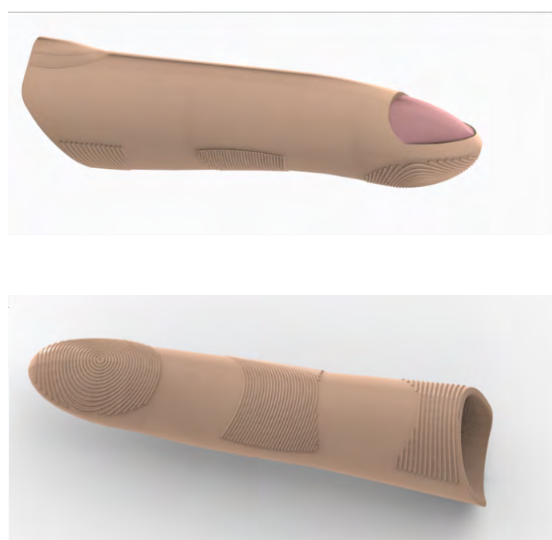
Figura 7. Diseño preliminar



Finalmente, se realizaron pequeñas modificaciones estéticas con la finalidad de definir detalles para el prototipo. Cabe resaltar que se realizaron diferentes versiones,

las cuales fueron fundamentales para el desarrollo del diseño final, por ejemplo, se consideraron diferentes trayectorias del canal en la parte superior e inferior, diferentes configuraciones de sujeción e incluso se tomaron en cuenta distintos patrones de huellas dactilares. Así, se obtuvo el modelo que se muestra en la **Figura 8**, donde se realizó un renderizado.

Figura 8. Diseño terminado



Fabricación del prototipo: en primera instancia, se toma el modelo digital generado del prototipo y se debe considerar la elección del material. El material seleccionado cuenta con una variedad de ventajas de acuerdo con el diseño que se implementó, por ejemplo, como se mencionó con anterioridad, el TPU cuenta con una elevada flexibilidad, incluso a bajas temperaturas, buena resistencia a la abrasión, puede soportar impactos y es resistente a muchos productos y disolventes químicos, también cuenta con una excelente resistencia al desgaste.

Las piezas impresas de TPU también son resistentes a las bajas temperaturas, lo que significa que no se vuelven quebradizas y difíciles de trabajar. El TPU puede proporcionar un número considerable de combinaciones de propiedades físicas, por lo que es un material extremadamente flexible y adaptable a docenas de usos, es por esta razón se consideró para la fabricación prototipo. Se implementaron los soportes de PLA que fueron ajustados desde la base de la cama, lo cual fue necesario para sostener la estructura del modelo, ya que no cuenta con superficies planas, por lo que aún se deben ajustar algunos detalles técnicos para mejorar los resultados.



Conclusiones

En este trabajo se presentó el desarrollo de una prótesis de miembro superior parcial de mano, en particular de un solo dedo, considerando una pérdida de la extremidad desde parte de la falange proximal. Se desarrolló y aplicó una encuesta a un total de 114 personas, la cual puede mejorar su estructura para aplicar una mejor metodología y análisis estadístico, desde el diseño de la muestra hasta el tipo de preguntas; sin embargo, sirve de referencia como una primera aproximación sobre las necesidades de los usuarios para que sean un requisito de diseño para la fabricación de los diferentes modelos. Por medio de la metodología QFD se logró el diseño de una propuesta que fue fabricada utilizando la tecnología de FDM de manufactura aditiva, considerando el objetivo de ser una prótesis accesible, adaptable para el usuario, de bajo costo y fácil de fabricar.

Finalmente, se concluye que el trabajo realizado cumple con el objetivo establecido de manera parcial, puesto que el prototipo diseñado satisface los requerimientos planteados; en su diseño las dimensiones quedan en términos de variables dependientes por medio de parámetros considerados para adaptarse a la fisiología de los usuarios. El prototipo cumple con la funcionalidad prevista, pues resalta su diseño estético, simple, perceptible a los detalles, con una fabricación simple, sin necesidad de mecanismos complejos, adaptabilidad para el muñón de los usuarios y sus dimensiones, y con una gran similitud a un miembro natural, así como su primordial funcionalidad.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Durante el desarrollo de este proyecto y como en cualquier otro, han surgido algunas líneas futuras que se han dejado abiertas, en las que es posible continuar trabajando; algunas están directamente relacionadas con el desarrollo de esta investigación y son el resultado de cuestiones que han surgido durante la realización de esta. Otras son líneas más generales que, sin embargo, no son objeto de esta investigación. Estas líneas pueden servir para retomárlas posteriormente o como opción a trabajos futuros para otros investigadores. A continuación, se presentan algunos trabajos futuros que pueden desarrollarse como resultado de esta investigación que, por exceder el alcance del proyecto, no han podido ser tratados con la suficiente profundidad.

- Estructurar correctamente la encuesta, mejorando la metodología y el análisis estadístico para la aplicación exclusiva de personas que sufrieron alguna pérdida de extremidad de mano parcial, de esta manera se obtendrá un resultado 100 % representativo sin pasar por alto información que pudiera ser valiosa para la investigación.
- Calibrar la fabricación del prototipo en cuanto a sus parámetros detallados de acuerdo con el modelo 3D, como el color del filamento, porcentaje de relleno, alto de capa, etcétera, con la finalidad de aumentar su estética y fortalecer su estructura.
- Generar diferentes pruebas antes y después de su fabricación, por ejemplo, análisis de esfuerzo de deformación, ensayos de elasticidad y pruebas de torsión, completando esta parte que también es importante por el proceso de manufactura empleado.
- Realizar diferentes modelos de prototipos de mano parcial con distintas estructuras, extendiéndose a otros dedos y partes de la mano, diseñando configuraciones que cumplan con el mismo principio de funcionamiento, así como los requerimientos del prototipo realizado en esta investigación.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP) por la oportunidad que nos brinda a nosotros los jóvenes, motivándonos a continuar nuestros estudios y ampliando nuestros conocimientos para futuras etapas de nuestra formación profesional.

Agradezco a mi Universidad y a la Facultad de Ciencias de la Electrónica a quienes les debo toda mi formación académica.

Al Dr. Alfredo Eduardo Cervantes Martínez, quien siempre estuvo presente durante el proceso de

investigación y redacción de este proyecto, sin su apoyo y constante interés, este trabajo no hubiera sido posible.

Así mismo, deseo expresar mi agradecimiento, por el esfuerzo, dedicación, paciencia, por su confianza y por todo lo que me ha dado a lo largo de mi formación académica y de mi vida, a mi madre.

Referencias bibliográficas

- [1] Sánchez, E. V. V. (2016). Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el Estado. Academia Nacional de Medicina. México.
- [2] Christoph, R., Muñoz, R., & Hernández, Ángel. (2017). Manufactura Aditiva. Realidad Y Reflexión, 43, 97–109. <https://doi.org/10.5377/ryr.v43i0.3552>
- [3] Centro internacional de materiales avanzados y materias primas. (2022). División de Manufactura Aditiva y Componentes. <https://www.icamcyl.com/es/division-de-manufactura-aditiva-y-componentes>
- [4] Hubs. (2022). What is 3D printing?. <https://www.hubs.com/guides/3d-printing/>
- [5] Compromiso RSE. (2013). Los usuarios de prótesis sufren limitaciones por no poder acceder a ayudas técnicas personalizadas. <https://www.compromisorse.com/rse/2013/09/25/los-usuarios-de-protesis-sufren-limitaciones-por-no-poder-acceder-a-ayudas-tecnicas-personalizadas/>
- [6] Asociación de Usuarios de Prótesis y Ayudas Técnicas. (2013). El impacto emocional de la ayuda técnica. <https://empresaydiscapacidad.files.wordpress.com/2013/06/aupa-estudio-completo-el-impacto-emocional-de-la-ayuda-tc3a9cnica1.pdf>
- [7] Metalmecánica. (2022). Nuevas estrategias para el mecanizado de piezas ortopédicas. <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/nuevas-estrategias-para-el-mecanizado-de-piezas-ortopedicas>
- [8] Mutlu, R., Alici, G., in het Panhuis, M., & Spinks, G. (2015). Effect of flexure hinge type on a 3D printed fully compliant prosthetic finger. In 2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM) (pp. 790–795). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7222634>
- [9] IONOS. (2021). QFD: ¿qué significa Quality Function Deployment?. <https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/analisis-web/qfd-quality-function-deployment/>
- [10] Formento, H. (2013). ¿Qué es el QFD?. <http://mejoracontinuatotal.blogspot.com/2012/05/que-es-el-qfd.html>

Uso del modelo de colas $M/M/1/\infty$ para la modelación y optimización de semáforos en calles unicarriles

^a López Romero Melanie Aidee*, ^a Cote García Martín y ^a Tajonar Sanabria Francisco Solano

^a Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Av. San Claudio y 18 sur, edif. FM1 Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, Puebla, Pue. C.P. 72570

*melanie.lopez@alumno.buap.mx

Resumen

Este proyecto describe y desarrolla el modelo de colas $M/M/1/\infty$ para dar una propuesta de solución a la optimización del tráfico vial en calles de un solo carril en las que el tráfico se controla mediante un semáforo, es decir, encontramos una buena relación entre costes del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para este. Además, para ilustrar la aplicación del modelo realizamos un caso práctico de este a partir de la obtención de muestras sobre tiempos de ciclos de los semáforos, entradas

promedio de vehículos al circuito y salidas promedio de vehículos al circuito en la calle 16 de septiembre esquina con avenida 3 poniente en Puebla. Así concluyendo el proyecto con una sugerencia para los ciclos de los semáforos.

Palabras clave: Proceso de Poisson, Sistema de colas, Proceso de Markov, Distribución exponencial.

Abstract

This project describes and develop the $M/M/1/\infty$ queuing model to give a solution proposal for the optimization vial traffic on a single-lane road in which the traffic is controlled by a traffic light, that is, we find a good relationship between system costs and the average wait line times for this one, in addition, to illustrate the application of the model, we made a practical case of this from the obtaining of samples on cycle time of the traffic lights, average vehicle inputs to the

circuit and average vehicle outputs to the circuit on 16 de septiembre street corner with 3 poniente avenue in Puebla. Thus concluding the project with a suggestion for traffic light cycles.

Keywords: Poisson process, queuing system, Markov process, exponential distribution.

- PM, Proceso de Markov
- PNM, Proceso de nacimiento y muerte
- SC, Sistema de colas
- SEE, Sistema de ecuaciones de equilibrio
- TLS, Transformada de Laplace-Stieltjes
- N, Valor medio estacionario del número de demandas en el SC
- Q, Longitud media estacionaria de la cola
- $W(x)$, Distribución estacionaria del tiempo de espera de inicio del servicio
- $V(x)$, Distribución estacionaria del tiempo de estancia de una demanda en el sistema
- ω , Tiempo medio estacionario de espera de inicio del servicio
- v , Tiempo medio de estancia en el sistema
- S, Espacio de estados del proceso
- i.i.d, independientes e idénticamente distribuidas
- i.e., es decir.

Introducción

La Teoría de Colas tiene sus inicios gracias a los aportes del matemático Agner Krarup Erlang quien en 1909 analizó la congestión de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague, presentando así las bases para describir el comportamiento matemático de las líneas de espera, así como sus características [2]. Actualmente la teoría de colas es una rama de las matemáticas aplicadas que se encarga de investigar los índices de productividad de sistemas de diferentes tipos a los que se denominan Sistemas de Colas, cuya función es procesar demandas que entran en ellos para obtener un servicio.

Los problemas de colas se nos presentan constantemente en la vida diaria, tal es el caso, que un estudio de E.U. concluyó que un ciudadano promedio pasa 5 años de su vida esperando en distintas colas de los cuales, aproximadamente 6 meses son esperando en semáforos [4]. Es a partir de datos tan contundentes como este, el reciente incremento en vehículos en la ciudad de Puebla y la conglomeración en líneas de espera en las calles de un solo carril

aledañas al zócalo de Puebla, que proponemos el estudio del flujo de tráfico en este tipo de calles a través de un modelo de teoría de colas que nos ayude a identificar los índices de productividad de este sistema.

Figura 1. Sistema de un solo carril con un semáforo como servidor



Para este trabajo, consideramos un único semáforo como servidor. Además, no existe alguna restricción para el número de demandas que esperan servicio, con base a estas observaciones, decidimos emplear el modelo $M/M/1/\infty$ que, de acuerdo con la notación de Kendall, representa un

sistema de colas unilineal, con acumulador de capacidad ilimitada. Donde, el flujo de llegadas se describe mediante un proceso de Poisson con intensidad λ y los tiempos de servicio serán variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas exponenciales con parámetro μ . Es importante mencionar que este sistema sigue la disciplina de servicio FCFS (First Come - First Served) que significa que las demandas se atienden en el orden cronológico en el que entran al sistema y por sus características es considerado un SC exponencial.

Materiales y métodos

Como preparación para nuestro estudio, necesitamos ciertas herramientas elementales relacionadas a la teoría de probabilidad y procesos estocásticos. Para esto, introduzcamos las siguientes definiciones. Considérese un espacio de probabilidad $(\Omega, \mathcal{F}, P)$ y sea $X: (\Omega, \mathcal{F}) \rightarrow (\mathbb{R}, \mathcal{B}(\mathbb{R}))$ una variable aleatoria:

Definición 1.[5] X tiene una distribución exponencial con parámetro μ si:

$$f(x) = \mu e^{-\mu x}, \text{ para todo } x \geq 0$$

Definición 2. [3] X tiene distribución de Erlang con parámetros (l, μ) si:

$$f(x) = \frac{\mu(\mu x)^{l-1}}{(l-1)!} e^{-\mu x}, \quad x > 0$$

Donde $0 < \mu < \infty$ y l es un entero positivo.

Definición 3. [5] X tiene distribución Poisson con media λ si:

$$P(X = n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}, \quad \text{para } n = 0, 1, 2, \dots$$

Definición 4. [5] Sean $\tau_1, \tau_2, \dots$ variables aleatorias independientes y exponenciales (λ) .

Sea $T_n = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n$ para $n \geq 1, T_0 = 0$, definimos $N(s) = \max \{n: T_n \leq s\}$ como un proceso de Poisson.

Una vez definidas las herramientas base, procederemos a la descripción del modelo de colas $M/M/1/\infty$. Denotemos por $v(t)$ al número de demandas al momento t . Puesto que el flujo de entrada es de Poisson, el proceso de arribos de demandas después del tiempo t no dependerá de su comportamiento previo. Además, dado que los tiempos de servicio son exponenciales, por la propiedad de pérdida de memoria, los tiempos de servicio de las demandas que se encuentran en el SC tanto en el momento t como las que llegarán posteriormente y el tiempo restante de servicio de la demanda que esta siendo servida tampoco dependen del comportamiento de la cola en algún otro momento.

Por lo anterior, el proceso $\{V(t)\}_{t \geq 0}$ será Markoviano a tiempo continuo y puesto que la cantidad de demandas en

el sistema es numerable, el espacio de estados será discreto. De esta forma, podemos enunciar las siguientes probabilidades de transición para el sistema. Consideremos un intervalo de tiempo infinitesimal $(t, t + \Delta)$:

$$\begin{aligned} p_{00}(\Delta) &= 1 - \lambda\Delta + o(\Delta) & i=0 \\ p_{ii}(\Delta) &= 1 - (\lambda + \mu)\Delta + o(\Delta) & i \geq 0 \\ p_{i,i+1}(\Delta) &= \lambda\Delta + o(\Delta) & i \geq 0 \\ p_{i,i-1}(\Delta) &= \mu\Delta + o(\Delta) & i \geq 1 \\ p_{ij}(\Delta) &= o(\Delta) & |j-i| \geq 2 \end{aligned}$$

De este modo, y de acuerdo con sus características, $\{V(t)\}_{t \geq 0}$ será además un proceso de nacimientos y muertes con $\lambda_i = \lambda; i \geq 0$ y $\mu_i = \mu; i \geq 1$.

Para obtener las probabilidades estacionarias del sistema, denotemos por $p_i(t) = P\{v(t) = i\}$ y partimos del teorema de la probabilidad total, considerando las distribuciones condicionales para los estados 0 e i para obtener las siguientes probabilidades estacionarias en el intervalo de tiempo considerado:

$$\begin{aligned} p_0(t + \Delta) &= (1 - \lambda\Delta)p_0(t) + \mu\Delta p_1(t) + o(\Delta) \\ p_i(t + \Delta) &= [1 - (\lambda + \mu)\Delta]p_i(t) + \lambda\Delta p_{i-1}(t) + \mu\Delta p_{i+1}(t) + o(\Delta), \quad i \geq 1 \end{aligned}$$

A partir de estos resultados, se puede obtener el sistema de ecuaciones diferenciales de Kolmogórov de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} p_0(t + \Delta) &= p_0(t) - \lambda\Delta p_0(t) + \mu\Delta p_1(t) + o(\Delta) \\ p_0(t + \Delta) - p_0(t) &= -\lambda\Delta p_0(t) + \mu\Delta p_1(t) + o(\Delta) \\ \frac{p_0(t + \Delta) - p_0(t)}{\Delta} &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) + o(\Delta) \\ \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{p_0(t + \Delta) - p_0(t)}{\Delta} &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \\ p_0' &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \end{aligned}$$

Sean $i \geq 1, i \in S$

$$\begin{aligned} p_i(t + \Delta) &= p_i(t) - \lambda\Delta p_i(t) - \mu\Delta p_i(t) + \lambda\Delta p_{i-1}(t) + \mu\Delta p_{i+1}(t) + o(\Delta) \\ p_i(t + \Delta) - p_i(t) &= -\lambda\Delta p_i(t) - \mu\Delta p_i(t) + \lambda\Delta p_{i-1}(t) + \mu\Delta p_{i+1}(t) + o(\Delta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{p_i(t + \Delta) - p_i(t)}{\Delta} &= -\lambda p_i(t) - \mu p_i(t) + \lambda p_{i-1}(t) + \mu p_{i+1}(t) + o(\Delta) \\ \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{p_i(t + \Delta) - p_i(t)}{\Delta} &= -(\lambda + \mu)p_i(t) + \lambda p_{i-1}(t) + \mu p_{i+1}(t) \\ p_i' &= -(\lambda + \mu)p_i(t) + \lambda p_{i-1}(t) + \mu p_{i+1}(t) \end{aligned}$$

Así, el sistema de ecuaciones será el siguiente:

$$\begin{aligned} p_0' &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \\ p_i' &= -(\lambda + \mu)p_i(t) + \lambda p_{i-1}(t) + \mu p_{i+1}(t) \end{aligned}$$

Justificación de ergodicidad

Notemos que dado que el proceso no se interrumpe en un tiempo finito entonces tenemos un proceso que es regular. Además, por cómo definimos el proceso podemos notar que dados estados i y j dentro del espacio de estados y un $t > 0$, $p_{ij}(t) > 0$ y $p_{ji}(t) > 0$, y esto nos dice que sus estados son comunicantes, lo cual implica que también tenemos un proceso irreducible.

Recordemos el teorema ergódico.

Teorema 1. (teorema ergódico para un proceso de Márkov con espacio de estados numerable) [1]

Sea $\{V(t)\}_{t \geq 0}$ un proceso de Márkov irreducible regular con espacio de estados $I = \{1, 2, \dots\}$ numerable entonces

Por tanto, el proceso es ergódico.

$$p_{ij}(t) \rightarrow_{t \rightarrow \infty} 0, \quad i, j \geq 1$$

Podemos obtener el Sistema de Ecuaciones de Equilibrio igualando las derivadas por el tiempo a 0, puesto que $\{V(t)\}_{t \geq 0}$ es un proceso ergódico, con el paso del tiempo, el funcionamiento del SC tenderá al régimen estacionario, de este modo, tendremos que las probabilidades estacionarias satisfacen el sistema de ecuaciones de equilibrio, que se obtiene de igualar las derivadas por el tiempo a cero en el sistema de ecuaciones diferenciales de Kolmogorov.

$$\begin{aligned} 0 &= -\lambda p_0 + \mu p_1 \\ 0 &= -(\lambda + \mu)p_i + \lambda p_{i-1} + \mu p_{i+1} \quad i \geq 1 \end{aligned}$$

Para resolver este sistema, empleamos la ecuación de balance local, que muestra la igualdad de los flujos de probabilidades de encuentro entre los estados i , $i+1$. Partiendo del sistema anterior, tendremos que:

$$\begin{aligned} \lambda p_i &= \mu p_{i+1}, \quad i \geq 0 \\ p_i &= \frac{\lambda}{\mu} \mu p_{i-1}, \quad i \geq 0 \\ p_i &= p_0 \rho^i, \quad i \geq 0 \end{aligned}$$

donde

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\text{Promedio de demandas que llegan por unidad de tiempo}}{\text{promedio de demandas que se pueden atender por unidad de tiempo}}$$

a ρ (rho) se le conoce como coeficiente de carga del sistema, para que el sistema este en equilibrio, este coeficiente debe ser menor a uno, esto nos dice que las demandas que lleguen podrán ser atendidas y en caso contrario, el servidor estará desbordado por lo que no existirá el equilibrio de modo que para modelar los índices de productividad deberemos recurrir al sistema de ecuaciones diferenciales de Kolmogorov. Considerando que el SC es equilibrado, podemos calcular las siguientes expresiones para los índices de productividad:

• **Valor medio estacionario del número de demandas en el SC**

$$N = \sum_{i=0}^{\infty} i p_i = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

• **Longitud media estacionaria de la cola**

$$Q = \sum_{i=0}^{\infty} (i - 1) p_i = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

• **Distribución estacionaria del tiempo de espera de inicio del servicio**

$$W(x) = 1 - \rho + \rho [1 - e^{-\mu(1-\rho)x}], \quad x > 0$$

• **Distribución estacionaria del tiempo de estancia de una demanda en el sistema**

$$V(x) = 1 - e^{-(\mu-\lambda)t}$$

• **Tiempo medio estacionario de espera de inicio del servicio**

$$w = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}$$

• **Tiempo medio de estancia en el sistema**

$$v = \frac{1}{\mu(1 - \rho)}$$

• **Fórmulas de Little**

$$N = \lambda v$$

$$Q = \lambda w$$

La última característica de interés en nuestro modelo es el flujo de salida. Esto es, el flujo de demandas servidas que abandonan el sistema. Dado que $\{V(t)\}_{t \geq 0}$ es PNM, se sigue que el flujo de salida del sistema $M/M/1/\infty$ funcionando en equilibrio será de Poisson con intensidad λ .

Resultados/ Discusión de resultados

Para ilustrar la utilidad de este modelo que desarrollamos, realizamos una observación de campo considerando como servidor el semáforo colocado en la calle 16 de septiembre esquina con avenida 3 poniente. Observamos la línea de espera formada entre esta avenida y avenida 5 poniente. En la siguiente imagen se muestra la circulación vial de dicha calle.

Figura 2. Flujo vial en calle 16 de septiembre



Para realizar la aplicación del modelo se observaron sesenta ciclos en un transcurso de una hora, los cuales se presentan en la Tabla 1.

También observamos que los tiempos eran de 30 segundos en rojo, 25 en verde y 5 en amarillo. Dado que durante la última fase del semáforo los vehículos siguen avanzando lo consideramos dentro del tiempo de servicio, por lo que podríamos «reducir» el semáforo a dos fases de igual duración. Estos datos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Duración de las fases del semáforo.

	Segundos
Tiempo en Rojo	30
Tiempo en Amarillo	5
Tiempo en Verde	25
Tiempo de Circulación	30

Observamos la cantidad promedio de demandas que podían servirse por ciclo de servicio, de este modo, por las características del modelo obtuvimos que los tiempos de servicio son variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas exponenciales con parámetro $\mu = 8$, ya que un auto tarda aproximadamente 3.75 segundos en atravesar el semáforo.

Para la intensidad del proceso de arribos, calculamos el número promedio de demandas que llegan por unidad de tiempo, es decir, será un proceso de Poisson con $\lambda = 7.3666$. Se sigue que el coeficiente de carga será el cociente de ambos parámetros i.e. $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0.92083$. Procedemos a calcular los índices de productividad del sistema.

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - 0.92083 = 0.07916$$

$$p_i = (1 - \rho)\rho^i = (1 - 0.92083)0.92083^i$$

N° de Observación	Vehículos en Espera	Vehículos Servidos	Total de llegadas	N° de Observación	Vehículos en Espera	Vehículos Servidos	N° de Observación	Vehículos en Espera	Vehículos Servidos
1	15	9	442	21	12	8	41	12	7
2	13	6		22	15	7	42	15	9
3	15	7		23	17	9	43	15	7
4	11	8		24	13	8	44	15	8
5	15	7		25	10	5	45	14	9
6	14	8		26	15	6	46	14	8
7	11	5		27	14	7	47	11	7
8	16	5		28	14	8	48	15	7
9	17	8		29	10	8	49	17	6
10	14	8		30	11	9	50	13	5
11	12	9		31	16	6	51	12	8
12	13	6		32	12	5	52	16	7
13	13	9		33	13	8	53	14	7
14	15	8		34	13	9	54	16	6
15	11	6		35	11	10	55	12	5
16	10	5		36	10	6	56	11	6
17	15	9		37	17	8	57	10	7
18	13	7		38	16	9	58	15	9
19	14	8		39	16	5	59	16	8
20	15	8		40	13	7	60	12	5

Tabla 1. Datos observados en 60 ciclos

Que nos denotan las probabilidades estacionarias de que el SC se encuentre vacío en un instante cualquiera o de que haya demandas en cualquier instante. Conforme a las expresiones obtenidas, podemos calcular también el valor medio estacionario del número de demandas en el SC y el resto de índices de productividad:

$$N = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.92083}{1-0.92083} = 11.6315$$

• Longitud media estacionaria de la cola

$$Q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.92083^2}{1-0.92083} = 10.71074561$$

• Distribución estacionaria del tiempo de espera de inicio del servicio

$$w(x) = 1 - \rho + \rho[1 - e^{-\mu(1-\rho)x}] = 1 - 0.92083 + 0.92083[1 - e^{-8(1-0.92083)x}]$$

• Distribución estacionaria del tiempo de estancia de una demanda en el sistema

$$v(x) = 1 - e^{-(\mu-\lambda)x} = 1 - e^{-(8-7.3666)x}$$

• Tiempo medio estacionario de espera de inicio del servicio

$$w = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \frac{0.92083}{8(1-0.92083)} = 1.453947368$$

• Tiempo de estancia en el sistema

$$v = \frac{1}{\mu(1-\rho)} = \frac{1}{8(1-0.92083)} = 1.578947368$$

• Fórmulas de Little

$$N = \lambda v = (7.3666)1.578947368 = 11.63157895$$

$$Q = \lambda w = (7.3666)1.453947368 = 10.71074561$$

Dado que el coeficiente de carga es muy cercano a 1 en la observación realizada, quiere decir que, al presentarse retrasos en los tiempos de servicio, la cola podrá desbordarse.

Para conocer mejor el comportamiento de nuestro modelo, veamos que ocurre si en vez de servir 8 demandas por unidad de tiempo, el servidor pudiera atender 9, es decir, que los conductores atraviesan ligeramente más rápido el semáforo (3.33 segundos). Por las características del modelo, los tiempos de servicio son variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas exponenciales

con parámetro $\mu = 9$ y $\lambda = 7.3666$ y el coeficiente de carga para el SC será de $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0.81851$.

Como en el caso anterior, procedemos a calcular los índices de productividad del sistema.

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - 0.81851 = 0.181481481$$

$$p_i = (1 - \rho)\rho^i = (1 - 0.81851)0.81851^i$$

• valor medio estacionario del número de demandas en el SC

$$N = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.81851}{1-0.81851} = 4.510204082$$

• Longitud media estacionaria de la cola

$$Q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.81851^2}{1-0.81851} = 3.691685563$$

• Distribución estacionaria del tiempo de espera de inicio del servicio

$$w(x) = 1 - \rho + \rho[1 - e^{-\mu(1-\rho)x}] = 1 - 0.81851 + 0.81851[1 - e^{-9(1-0.81851)x}]$$

• Distribución estacionaria del tiempo de estancia de una demanda en el sistema

$$v(x) = 1 - e^{-(\mu-\lambda)x} = 1 - e^{-(9-7.3666)x}$$

• Tiempo medio estacionario de espera de inicio del servicio

$$w = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \frac{0.81851}{9(1-0.81851)} = 0.501133787$$

• Tiempo de estancia en el sistema

$$v = \frac{1}{\mu(1-\rho)} = \frac{1}{9(1-0.81851)} = 0.612244898$$

• Fórmulas de Little

$$N = \lambda v = (7.3666)0.612244898 = 4.510204082$$

$$Q = \lambda w = (7.3666)0.501133787 = 3.691685563$$

Notemos que en esta simulación no cambiamos los tiempos de los ciclos del semáforo, solo proponemos que los conductores tengan una reacción más rápida cuando es su turno de avanzar, apelando así su educación vial. Al realizar este pequeño cambio podemos observar que el ρ disminuye considerablemente, alejándose de la posibilidad de que la

cola se desborde, de ahí que podemos decir que el sistema es muy sensible a cambios.

Una tercera propuesta sería asignar un tiempo mayor de circulación dentro del ciclo, puesto que el semáforo no se encuentra en una intersección de calles donde haya un flujo perpendicular que restrinja la circulación de la calle que estamos analizando, sino que una vez que atraviesan el semáforo, los autos pueden seguir recto o girar hacia la izquierda como puede verse en la figura 2.

Así, decidimos analizar el modelo considerando ahora 35 segundos en circulación y 25 en alto total, tendríamos que los tiempos serían exponenciales independientes e idénticamente distribuidos con parámetro $\mu = 9.33$. El promedio de visitas sigue siendo el mismo, $\lambda = 7.3666$. Y el cociente de ambos parámetros $\rho = 0.7895$.

Como en los casos anteriores, procedemos a calcular los índices de productividad del sistema.

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - 0.7895 = 0.2104323$$

$$p_i = (1 - \rho)\rho^i = (1 - 0.7895)0.7895^i$$

• **valor medio estacionario del número de demandas en el SC**

$$N = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.7895}{1 - 0.7895} = 3.7521222$$

• **Longitud media estacionaria de la cola**

$$Q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.7895^2}{1 - 0.7895} = 2.9625545$$

• **Distribución estacionaria del tiempo de espera de inicio del servicio**

$$w(x) = 1 - \rho + \rho[1 - e^{-\mu(1-\rho)x}] = 1 - 0.7895 + 0.7895[1 - e^{-9.33(1-0.7895)x}]$$

• **Distribución estacionaria del tiempo de estancia de una demanda en el sistema**

$$v(x) = 1 - e^{-(\mu-\lambda)x} = 1 - e^{-(9.33-7.3666)x}$$

• **Tiempo medio estacionario de espera de inicio del servicio**

$$w = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)} = \frac{0.7895}{9.33(1 - 0.7895)} = 0.4021567$$

• **Tiempo de estancia en el sistema**

$$v = \frac{1}{\mu(1 - \rho)} = \frac{1}{9.33(1 - 0.7895)} = 0.5093379$$

• **Fórmulas de Little**

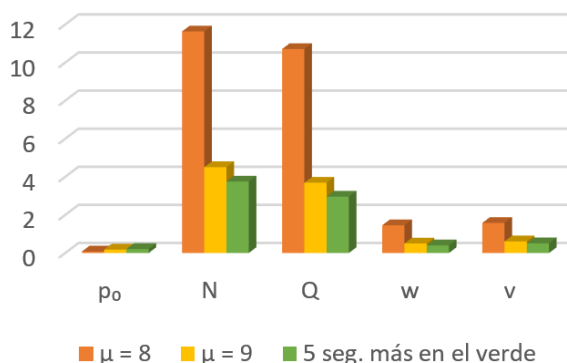
$$N = \lambda v = (7.3666)0.5093379 = 3.7521222$$

$$Q = \lambda w = (7.3666)0.4021567 = 2.9625545$$

En este supuesto si cambiamos los tiempos de los ciclos del semáforo. Al realizar este pequeño cambio podemos observar que el ρ disminuye considerablemente respecto a nuestros primeros resultados, alejándose así de la posibilidad de que la cola se desborde, aumentando la posibilidad de que la cola se quede vacía, disminuyendo así el valor medio estacionario del número de demandas, la longitud media estacionaria de la cola, tiempo medio estacionario de inicio del servicio y tiempos de espera. Es decir, el sistema es muy sensible a cambios en los tiempos de servicio.

Para un mejor análisis, a continuación, presentamos un gráfico en donde comparamos los resultados obtenidos para los índices de productividad en cada caso propuesto.

Figura 3. Comparación de resultados



Conclusiones

Tras construir la teoría correspondiente y aplicarla a la observación realizada notamos que el sistema es equilibrado, aunque con un coeficiente de carga muy cercano a 1. Esto nos indica que con facilidad ante retrasos en los tiempos de servicio la cola podrá desbordarse. Por lo anterior, decidimos repetir la prueba suponiendo ahora que el servidor es capaz de atender una demanda más por unidad de tiempo.

Al realizarlo obtuvimos que la carga del sistema disminuye seriamente, así como los índices de productividad también disminuyeron, lo cual nos dice que el sistema es sensible a los cambios. Como adicional repetimos la prueba, pero ahora cambiando los tiempos de servicio, obteniendo resultados aun mas bajos que en el segundo supuesto, llegando a una optimización bastante considerable puesto que con este pequeño cambio se reducen

tiempos de espera, longitud de la cola y otros índices de productividad que nos llevan a reducir gastos en el combustible de los conductores, además de agilizar el tránsito evitando congestionamientos y accidentes en la cola.

Concluyendo así que el modelo $M/M/1/\infty$ que desarrollamos en este proyecto es un buen método para analizar el comportamiento de un SC.

Líneas de trabajo o trabajos a futuro

Este trabajo puede extenderse o dar pie a un buen número de aplicaciones futuras, en orden de complejidad, nuestro modelo puede servir como base para estudiar calles con dos o más carriles, el procedimiento es similar sin embargo es necesario plantearlo como un modelo de colas. Igualmente, puede estudiarse y optimizar el funcionamiento de la red de semáforos de toda una calle o avenida utilizando redes de Jackson.

También puede estudiarse el caso de intersecciones de calles de un solo carril con semáforos para cada una de ellas, es importante mencionar que hasta el día de hoy se sigue realizando investigación para modelar intersecciones de varios carriles o de varias calles.

Referencias bibliográficas

- [1] Bocharov, P.P. Penchinkin, A.V, Albores, F.J (1997). Teoría de Colas, Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- [2] Cao, R (2002). Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas, Universidade da Coruña.
- [3] Bocharov, P.P. Penchinkin, A.V, D'Apice, C. Salerno, S (1997). Queueing Theory, De Gruyter.
- [4] Gautam, N. (2012). Analysis of Queues: Methods and Applications. First Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [5] Durrett, R. (2018). Essentials of Stochastic Processes. Springer.
- [6] Kalashnikov Vladimir Viatcheslavovich. (2011). Mathematical methods in queueing theory. Springer.

Material de consulta

- [6] Kalashnikov Vladimir Viatcheslavovich. (2011). Mathematical methods in queueing theory. Springer.
- [7] Asmussen, S. (2003). Applied Probability and Queues. First Edition, Springer-Verlag.
- [8] Serfozo, R. (2014). Basics of Applied Stochastic Processes. Springer Berlin.
- [9] Babicheva, T. S. (2015). The use of queueing theory at research and optimization of traffic on the signal-controlled road intersections. Procedia Computer Science, 55, 469–478. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.016>

Memorias del
Tercer Encuentro Estatal
de Jóvenes Investigadores
2022



PUEBLA
Un gobierno **presente**



Secretaría
de Educación

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla