

Vol. XII, N° 34 • Octubre 2023

ISSN: 2007-6703



ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO



Revista Digital de la
Universidad Autónoma de Chiapas
Indizada en los catálogos de **Latindex**, **BIBLAT**, **CLASE**, **SIC**, **Actualidad Iberoamericana**, **REDIB**, **DOAJ**, **MIAR**, **Biblioteca COLMEX** y **Scilit**.

ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO

Octubre 2023, Vol. XII, N.º 34

Registrada en **Latindex, BIBLAT, CLASE, Actualidad Iberoamericana, Sistema de Información Cultural de la Secretaría de Cultura, REDIB, DOAJ, MIAR, Biblioteca COLMEX y SCILIT.**

Es una revista digital de divulgación científica y cultural de carácter multidisciplinario de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), cuenta con una periodicidad cuatrimestral y registro:

Reserva: 04-2022-070614023200-102

ISSN: 2007-6703

Director General - Oel García Estrada

Editora Responsable - Silvia E. Álvarez Arana

Corrección de Estilo - Jenny Gómez Hernández

Diseño Web y Editorial - Joshep Fabian Coronel Gómez

Traducción general - Celina López González

Área de Recursos Audiovisuales y Divulgación - Edgar Iván Besares Narcia

Desarrollador Web y Soporte Técnico Editorial - Héctor Daniel Niño Nieto

Boulevard Belisario Domínguez, Km. 1081, Sin Número, Terán,
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 29050

www.espacioimasd.unach.mx

Contacto: espacioimasd@unach.mx

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.



Comité Editorial

Alexandra Mulino • Universidad Central de Venezuela
Alfredo Briones Aranda • Universidad Autónoma de Chiapas
Ana Almansa • Universidad de Málaga España
Antonio Durán Ruiz • Universidad Autónoma de Chiapas
Emilio Rodríguez Macayo • Universidad Autónoma de Chile
Flora Eugenia Salas Madriz • Universidad de Costa Rica
Gabriel Castañeda Nolasco • Universidad Autónoma de Chiapas
Gerardo Núñez Medina • Investigador del COLEF. Piedras Negras, Coahuila.
Jorge Velázquez Avendaño • Universidad Intercultural de Chiapas
Laura Xiomara Gutiérrez • Universidad Autónoma de Chiapas
Lilia González Velázquez • Universidad Autónoma de Chiapas
Lorenzo Franco Escamirosa Montalvo • Universidad Autónoma de Chiapas
Lucía Tello Peón • Universidad Autónoma de Yucatán
Manuel de Jesús Moguel Liévano • Universidad Autónoma de Chiapas
Martín Dagoberto Mundo Molina • Universidad Autónoma de Chiapas
Miguel Abud Archila • Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. México
Ottmar Raúl Reyes López • Academia de Química y Biología en la UPITA del IPN
Raúl Herrera González • Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México
Sandra Isabel Ramírez González • Universidad Autónoma de Chiapas
Víctor Darío Cuervo Pinto • Instituto Politécnico Nacional-UPITA
Segundo Jordán Orantes Albores • Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Asesor:

Orlando López Báez • Universidad Autónoma de Chiapas

Coordinación y gestión operativa

Silvia E. Álvarez Arana • silvia.alvarez@unach.mx

Instructivo de publicación:

<https://www.espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/Instrucciones>

ÍNDICE

Editorial	6
-----------	---

Artículos

Efecto antifúngico de esporas encapsuladas de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre el desarrollo de plantas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) infectadas con <i>Fusarium moniliforme</i>	8
Actividad relajante de <i>Hyptis suaveolens</i> en anillos aislados de tráquea de cobayo	21
Estudio del efecto de la sequía inducida por polietilenglicol en <i>Capsicum frutescens</i> en un sistema hidropónico	38
Evaluación de egresados de una facultad de Medicina Humana a través de resultados en el EGEL y puntaje ENARM	53
Remesas e inclusión financiera en municipios del Noreste de México: Un análisis espacio - temporal bayesiano	73

Documento académico

Reseña: Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente	100
---	-----

EDITORIAL

Estimadas y estimados colaboradores, lectores e integrantes del
Comité Editorial:

Ponemos a su disposición la edición del Número 34 de la Revista de Divulgación Científica de la Universidad Autónoma de Chiapas: *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*. Este número es muy especial, con él cerramos el Volumen 12 y comenzamos una nueva época, sin que esto signifique algún cambio en su naturaleza editorial. Nos referimos al hecho de que, debido a una reestructuración institucional, a partir de esta edición, el equipo editorial que realiza esta publicación, integrada por un equipo de profesionales de las áreas de edición, diseño y comunicación, se incorpora a la Secretaría de Identidad y Responsabilidad Social Universitaria (SIRESU) de la UNACH, desde donde seguiremos siendo una ventana de divulgación de ciencia, cultura y conocimiento referente en la región sur-sureste. De esta forma, a nivel interno apoyaremos al *Proyecto Académico 2022- 2026*: Por la consolidación de la excelencia, desde el Subprograma Ciencia, Tecnología e Innovación con la misma calidad y puntualidad que lo hemos hecho a lo largo de estos 11 años y 34 números.

Este número conjunta materiales de diversas instituciones, realizado en Coordinación con la Escuela de Ciencias Químicas a partir de la convocatoria publicada en el marco del 1er. Congreso Internacional de Biotecnología Aplicada (marzo 2023). En este número publicaremos los tres primeros trabajos titulados: «Estudio del efecto de la sequía inducida por polietilenglicol en *Capsicum frutescens*»; «Actividad relajante de *Hyptis suaveolens* en anillos aislados de tráquea de cobayo»; y «Efecto antifúngico de esporas encapsuladas de *Metarhizium anisopliae* sobre el desarrollo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) infectadas con *Fusarium moniliforme* en un sistema hidropónico».

Adicional a estos, este número integra los siguientes artículos: «Remesas e inclusión financiera en municipios del Noreste de México: Un análisis espacio-temporal bayesiano» y «Evaluación de egresados de una facultad de Medicina Humana a través de resultados en el EGEL y puntaje ENARM».



Por otro lado, celebramos la inserción del libro *Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente (UNACH)* en la colección “Letras sin papel”, que a partir de este momento se encuentra en formato digital y de acceso abierto, es decir, de libre descarga y consulta, con el fin de acercar, sobre todo, a la comunidad universitaria más joven a la reflexión del proceso de creación y desarrollo de una de las universidades más importantes de la región sur-sureste. Con este título sumamos ya 19 libros en esta colección.

La Revista Espacio I+D vislumbra un nuevo panorama, en el que sin duda se plantearán nuevos retos en materia editorial, en esta realidad cada vez más cambiante, como siempre, nos prepararemos para afrontarlos de la mejor manera.

Finalmente, agradecemos a los miembros del Comité Editorial que han cumplido con su periodo dentro de la publicación y les damos la más cordial bienvenida a los nuevos miembros y a nuestros nuevos directivos que representan el respaldo cultural, académico y administrativo necesario para la permanencia de este proyecto.

¡Gracias por formar parte de este medio de divulgación! 

«*Por la conciencia de la necesidad de servir*»
Universidad Autónoma de Chiapas

Espacio I+D, Innovación más Desarrollo

ARTÍCULOS

Efecto antifúngico de esporas
encapsuladas de *Metarhizium anisopliae*
sobre el desarrollo de plantas de frijol
(*Phaseolus vulgaris L*) infectadas con
Fusarium moniliforme

Antifungal Effect Of Encapsulated *Metarhizium anisopliae* spores on
the development of bean plants (*Phaseolus vulgaris L*) infected with
Fusarium moniliforme

—
Rosa Isela Cruz Rodríguez • rosa.cr@tuxtla.tecnm.mx
ORCID: 0000-0002-4743-9112

María Laura Porraz Ruiz • maría.pr@tuxtla.tecnm.mx
ORCID: 0000-0003-4884-7545

Salvador Hernández Garduza • salvador.hr@tuxtla.tecnm.mx
ORCID: 0009-0009-9426-9628

Jorge Armando Gómez Salinas • jorge.gs@tuxtla.tecnm.mx
ORCID: 0000-0003-3611-5822

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO, CAMPUS TUXTLA, TUXTLA
GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Cruz Rodríguez, R. I., Porraz Ruiz, M. L., Hernández Garduza, S., & Gómez Salinas, J. A. Efecto antifúngico de esporas encapsuladas de *Metarhizium anisopliae* sobre el desarrollo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectadas con *Fusarium moniliforme*. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(34). <https://doi.org/10.31644/IMASD.34.2023.a01>

RESUMEN

La producción anual del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México se reduce principalmente por enfermedades y plagas. Una alternativa de control biológico es el empleo de esporas de *Metarhizium anisopliae* por su capacidad de colonizar la rizosfera, pero su efectividad disminuye por la sensibilidad a factores ambientales. Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar el potencial de biocontrol de una formulación de alginato con esporas de *M. anisopliae* en el cultivo de frijol infectado con *Fusarium*. Se planteó un diseño experimental completamente al azar, utilizando plantas sanas como control, también se inocularon de plantas con una suspensión de *Fusarium oxysporum* en el sustrato y adicionalmente a una parte de estas se les depositó en la base del tallo 1 g de cápsulas de alginato que contenían esporas de *M. anisopliae* por planta, se midieron los parámetros morfométricos cada 8 días durante 8 semanas, así como la aparición de síntomas de fusariosis. Tras analizar los datos obtenidos se observó que hubo diferencias significativas a los 64 días después de la inoculación (ddi) siendo mayor el peso seco foliar y de raíces, así como la longitud de raíz en las plantas donde hubo interacción de *Fusarium* y las esporas encapsuladas de *Metarhizium*, esto sugiere que la presencia de ambos microorganismos afectó de forma positiva el metabolismo de las plantas, superando los beneficios de *Metarhizium* como promotor de crecimiento. Además, se observó que el porcentaje de incidencia en la raíz disminuyó con el tratamiento 4 sin presentar diferencia significativa de 32 a 64 ddi con valores similares al tratamiento 3 a los 16 días. Se concluyó que la aplicación de esporas encapsuladas de *M. anisopliae* es una opción viable para reducir el efecto del marchitamiento por *Fusarium* en el cultivo de frijol.

Palabras clave:

Metarhizium anisopliae; alginato; incidencia de la enfermedad.

— Abstract—

The annual production of the bean crop (*Phaseolus vulgaris L.*) in Mexico is reduced mainly by diseases and pests. An alternative for biological control is the use of *Metarhizium anisopliae* spores due to their ability to colonize the rhizosphere, but their effectiveness decreases due to sensitivity to environmental factors. Therefore, the objective of this study was to analyze the biocontrol potential of an alginate formulation with spores of *M. anisopliae* in the bean crop with *Fusarium* infected. A completely randomized experimental design was proposed using healthy plants as control, plants were also inoculated with a suspension of *Fusarium oxysporum* in the substrate and additionally to a part of these plants, 1 g of capsules of alginate with *M. anisopliae* spores per plant was deposited at the stem base, the morphometric parameters were measured every 8 days for 8 weeks, as well as the appearance of *Fusarium* wilt symptoms. After analyzing the data obtained, it was shown that there were significant differences 64 days after inoculation (ddi), with greater leaf and root dry weight, as well as root length in plants where there were interactions between *Fusarium* and encapsulated spores of *Metarhizium*, which suggests that the presence of the microorganisms positively affected the treatment of the plants, surpassing the benefits of the application of *Metarhizium* reported as a growth promoter. In addition, the incidence of the root disease will occur during the first 32 days of cultivation. It was concluded that the application of encapsulated spores of *M. anisopliae* is a viable option as a biocontrol to reduce the effect of *Fusarium* wilt in the bean crop.

Keywords:

Encapsulated; Metarhizium anisopliae; alginate; disease incidence.

El grano de frijol por su alto contenido de proteínas se considera uno de los alimentos principales de la gastronomía en México tanto para la población rural como urbana, por lo que es de vital importancia mantener una producción suficiente para satisfacer la demanda, ya que existen diversos factores que influyen en la calidad del grano, como el manejo agronómico y las condiciones del cultivo y almacenamiento, además que durante su desarrollo en campo se ve amenazado por plagas y enfermedades. Las especies de *Fusarium* son las más agresivas que limitan la productividad del frijol común, principalmente *Fusarium solani* (Toghueo *et al.*, 2016), el síntoma principal de la fusariosis es la pudrición de la raíz, que comienza con la reducción del sistema radicular en longitud y peso, disminuyendo así la capacidad de absorción de nutrientes y de agua de la planta, llevándola hasta su muerte, otro género que afecta este cultivo es *Rhizoctonia*, los cuales llegan a provocar graves daños en las variedades susceptibles hasta el 94% de la incidencia de la enfermedad y de 39% en las resistentes (Ketta & Hewedy, 2021). El manejo convencional para controlar estos patógenos es la aplicación de fungicidas químicos, y el abuso de estos compuestos ha afectado otros componentes del ecosistema, como es la inhibición de los polinizadores y la reducción de comunidades microbianas benéficas del suelo, incluso han provocado la aparición de patógenos resistentes. Aunado a que la acumulación de esos compuestos inorgánicos afecta la salud de quien lo aplica y del medio ambiente. En las últimas décadas se han buscado alternativas que reduzcan esas afectaciones, siendo el más prometedor el uso de agentes de biocontrol (bacterias y hongos) de amplio espectro antagonista (Uzman *et al.*, 2019; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2016).

Se ha demostrado que los microorganismos no patógenos asociados con la planta generalmente la protegen mediante una rápida colonización y, por lo tanto, utilizan los sustratos disponibles, quedando limitados para los organismos patógenos obstaculizando el crecimiento de los últimos (Mayerhofer *et al.*, 2019). Especies de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y algunas pertenecientes al género *Metarhizium* se han empleado para el control de insectos en cultivos de importancia alimentaria, pueden colonizar sus raíces (Ahmad *et al.*, 2020; Razinger *et al.*, 2020; Krell *et al.*, 2017), promover el crecimiento e incluso aumentar sus resistencia ante patógenos virales y fúngicos (Shalan *et al.*, 2021; Shalan & Ibrahim, 2018) debido a su capacidad de producción de moléculas bioactivas por parte de su metabolismo secundario tales como hormonas y antibióticos, (Shah *et al.*, 2022). El entomopatógeno *M. anisopliae* ataca naturalmente a insectos de diversos órdenes (Yousef *et al.*, 2018) mediante la combinación de enzimas hidrolíticas tales como glucanasas, lipasas, amilasas, quitinasas y de metabolitos tóxicos como las destruxinas y citocalasinas, desafortunadamente su prevalencia en el ambiente se ve limitada debido a que es

sensible a factores ambientales como temperatura, humedad y radiación (Putnoky-Csicsó *et al.*, 2020), reduciendo su efectividad en los cultivos; por consiguiente, para prolongar los beneficios que brinda la interacción de *M. anisopliae* con su planta huésped se requiere de una cobertura que le permita incrementar su permanencia y resistencia ambiental, al respecto se han realizado investigaciones que proponen la inclusión de esporas del microorganismo en una matriz polimérica no tóxica (Manzanarez-Jiménez *et al.*, 2023) y biocompatible. El alginato de sodio es un polímero que se ha empleado para la encapsulación de células, que ha permitido la liberación de las células bajo condiciones específicas y se han alcanzado del 80 al 95 % de supervivencia (Sarma *et al.*, 2023; De Oliveira Lopes *et al.*, 2020), siendo una buena alternativa para la protección de agentes de biocontrol fúngicos, incluidos los entomopatógenos (Lei *et al.*, 2022). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar el potencial de biocontrol de una formulación de alginato con esporas encapsuladas de *M. anisopliae* en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectado con *Fusarium*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Microorganismos

Metarhizium anisopliae se obtuvo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y *Fusarium moniliforme* molecularmente identificado (no.GU982311.1).

2.2 Encapsulación de esporas de *Metarhizium anisopliae* en alginato de sodio

Las cápsulas de alginato se prepararon mediante gelificación iónica, de acuerdo a lo reportado por Meirelles *et al.*, (2023) con algunas modificaciones. Se preparó la solución de alginato de sodio (Marca Sigma-Aldrich-Merck) al 4% p/v y esterilizó a 15 Lb por 15 minutos. Posteriormente en una campana de flujo laminar esa solución se mezcló con una suspensión de esporas (1×10^7 esporas/mL.) de *M. anisopliae*, la cual se preparó a partir de un cultivo en caldo Czapek de 7 días al 4 % v/v. se mantuvo en agitación hasta que la mezcla fuera uniforme y se depositó en una jeringa de 20 mL sin aguja, de la cual se dejó caer gota a gota sobre una solución de cloruro de calcio (CaCl_2) (Marca Meyer) al 10 % previamente estéril y a temperatura ambiente que se mantuvo en agitación continua, al entrar en contacto la mezcla (alginato de Na-suspensión de esporas) en la solución de CaCl_2 se forman instantáneamente las perlas, encapsulando las esporas. Las perlas o cápsulas se mantuvieron en la solución de CaCl_2 durante 30 min, transcurrido ese

tiempo se lavaron con agua estéril y se depositaron en un recipiente seco y estéril, finalmente se secaron en un horno a 45 °C durante 48 h.

2.3 Material vegetal

Las semillas de frijol se obtuvieron del invernadero del Tecnológico Nacional de México, campus Tuxtla provenientes de cultivos de conservación.

2.4 Establecimiento del experimento a nivel invernadero

A partir de un cultivo previo en cajas Petri con agar papa dextrosa (PDA) durante 7 días a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, se preparó la suspensión del inóculo del patógeno a una concentración suspensión de 1×10^6 esporas/mL de *F. moniliforme*, para ello se adicionó a cada placa 10 mL de agua destilada estéril y perlas de cristal que se agitaron lentamente para desprender las esporas del micelio. Cada semilla de frijol se sembró en 100 g de sustrato Peat moss en bolsas negras de vivero a 4 cm de profundidad, 12 días después de la germinación, las plantas fueron trasplantadas en macetas que contenían 500 g del mismo sustrato, se evaluaron cuatro tratamientos: 1) frijol - testigo neutro -(Fr), 2) frijol + *F. moniliforme* (Fr + Fm), 3) frijol + cápsulas de *M. anisopliae* (Fr + CMa), 4) frijol + cápsulas de *M. anisopliae* + *F. moniliforme* (Fr + CMa + Fm). En el momento del trasplante para los tratamientos 3 y 4 se les depositó a una distancia no mayor de 5 cm de la base del tallo 1 g de cápsulas de esporas de *M. anisopliae*. Transcurridos 7 días de que las plantas de frijol tuvieron contacto con las cápsulas de *M. anisopliae* se inocularon las plantas de los tratamientos 2 y 4 con 20 mL de una suspensión de *F. moniliforme*. El desarrollo de los síntomas de fusariosis se analizó utilizando seis plantas por tratamiento; las observaciones se realizaron a intervalos de 15 días durante 2 meses. Las variables evaluadas fueron peso fresco y peso seco foliar y de raíz (g), longitud de la raíz (cm), altura de planta (cm), clorofila (SPAD), diámetro de tallo (mm) e incidencia en raíz (%).

Para cada unidad experimental se midieron las variables diámetro del tallo, altura y longitud de raíz con un vernier y/o flexómetro, para obtener los pesos fresco y seco, las plantas se retiraron del sustrato, se lavaron y secaron con papel absorbente y se separaron en dos secciones: radicular y foliar, posteriormente se pesaron en una balanza analítica y fueron depositadas en bolsas de papel y secadas en un horno a 45°C hasta obtener valores de peso seco constantes.

El porcentaje de incidencia de la enfermedad (IR) en raíces se determinó mediante la siguiente fórmula: $\text{IR (\%)} = n/N \times 100$. Donde n es el número de plantas que muestran síntomas de enfermedad con al menos una raíz enferma y N es el número total de muestras utilizadas (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2020).

2.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, cuatro bloques con seis repeticiones monitoreados cuatro veces; con un total de 96 unidades experimentales. Para los análisis estadísticos, se usó ANOVA de una vía al 5 % de nivel de significancia usando el programa Statgraphics.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto de los encapsulados de *M. anisopliae* sobre los parámetros de crecimiento de las plantas de frijol

La aplicación de las cápsulas con esporas de *M. anisopliae* tuvo un efecto positivo sobre el desarrollo foliar y del sistema radicular en las plantas de frijol a los 64 días después de la inoculación (ddi) (Cuadro 1). Los parámetros enfocados en el crecimiento de raíz como son el peso fresco y seco, además de la longitud son los que principalmente presentan variaciones entre los tratamientos 1 y 2, siendo este último en el que se observan los valores menores de todo el experimento, debido a que es el tejido donde inicia el proceso de infección de *Fusarium*. En el caso del tratamiento 4, que también se inoculó con *F. moniliforme*, este presenta no sólo diferencias significativas en el crecimiento de raíz con el resto de los tratamientos, sino también en el desarrollo foliar tal es el caso del número de hojas con este tratamiento (66 hojas) se observó un aumento del 55% respecto a las plantas del tratamiento 1 que se desarrollaron en condiciones normales con un valor promedio de 42.5 hojas.

Algunos de los procesos que resultan de la interacción de las células del hongo entomopatógeno con el tejido celular vegetal, inician a través de la producción de enzimas hidrolíticas por parte del hongo, que permiten la degradación de los componentes de la pared celular de la planta y de esta manera la hifa puede penetrar en la superficie de las células colonizando así a las raíces, facilitando la captación de nutrientes y agua (Liao *et al.*, 2013). Otro de los mecanismos reportados del género *Metarhizium* es su capacidad de activar vías de señalización de defensa en la célula vegetal que se traducen en la producción de moléculas como fitohormonas que aceleran el crecimiento, lo anterior se observó en plantas de *Arabidopsis thaliana*, debido a la presencia de *Metarhizium robertsii*, mediante un aumento en la producción de Ácido 3 Indol Acético (IAA) lo que promovió el desarrollo de pelo radicular (Liao *et al.*, 2017). Por último, las células del hongo entomopatógeno pueden actuar como elicitador, para acelerar la producción de fitoquímicos que brinden protección a la célula del ataque de *F. moniliforme*, reduciendo los síntomas en las plantas por la presencia del patógeno.

La presencia de *F. moniliforme* afectó significativamente la producción de clorofila en los tratamientos 2 y 4 con valores de $29.84 + 4.72$ y $31.7 + 0.12$ respectivamente, sin embargo, no presentó diferencias significativas con el tratamiento 1, mientras que la interacción del entomopatógeno con la planta en el tratamiento 3, mostró el mayor índice relativo de clorofila con $40.41 + 4.24$, este índice es expresado en unidades SPAD y se ha correlacionado de forma positiva con el estado o capacidad de absorción de nitrógeno de las plantas, Casierra *et al.*, (2012) señalan que el contenido de pigmentos fotosintéticos puede aumentar o disminuir debido a los factores causantes de estrés (luz, temperatura, humedad, nutrientes, etc.), a la edad fisiológica o la capacidad fotosintética de la planta, en este caso la variación se debe al estrés biótico.

3.2 Análisis de la incidencia de la enfermedad provocada por *Fusarium moniliforme*

Las especies de *Fusarium* son conocidas como agentes causales de la marchitez y la pudrición de raíz y la base del tallo, uno de los primeros síntomas es el pardeamiento del tejido radicular debido al mecanismo de infección de estos patógenos y en un nivel avanzado se observa clorosis, decoloración vascular y decaimiento, por tal razón se realizó el monitoreo de la incidencia en raíz (IR) durante los 64 días que duró el experimento, tal como se observa en la Figura 1, el porcentaje de IR se presentó en ambos tratamientos donde se inoculó el patógeno, a los 8 días después de su inoculación (16 ddi), el porcentaje de incidencia fue incrementando mientras avanzaba el ciclo del cultivo siendo mayor la incidencia en todos los muestreos del tratamiento 3, alcanzando una IR del $25.8 + 0.56$ % y a partir de los 48 días se observó una disminución en la presencia de necrosis por *Fusarium* hasta un $14.6 + 4.6$ %. En el caso de las plantas del tratamiento 4, que fueron pretratadas con las cápsulas con *M. anisopliae* mostraron una ligera resistencia en los primeros días de la infección, $3.2 + 0.4$ % a los 16 días y alcanzando una incidencia máxima de 8.6 % a los 64 ddi del entomopatógeno, que no es estadísticamente diferente de la IR del tratamiento 3 a los 16 ddi. Lo anterior demuestra que la presencia de *M. anisopliae* disminuyó notablemente el desarrollo normal de la enfermedad; haciendo eficaz la simbiosis planta-hongo entomopatógeno contra *Fusarium*. Se sugiere que los mecanismos de inhibición de crecimiento contra *F. moniliforme* incluyen la combinación de la actividad de enzimas hidrolíticas producidas por el entomopatógeno, que actúen sobre la pared celular de *Fusarium* aunado a la inducción de fitoalexinas por parte de las plantas de frijol (García-Enciso *et al.*, 2018).

CONCLUSIÓN

La formulación de alginato para encapsular a las esporas de esporas de *Metarhizium anisopliae* permitió su liberación en el suelo, siendo evidente de forma indirecta por el efecto promotor de crecimiento en las plantas de frijol, también se demostró que la interacción de las esporas del entomopatógeno con el tejido vegetal reduce la incidencia de *F. moniliforme* en la raíz. Por lo tanto, la adición como pretratamiento de cápsulas con esporas de *Metarhizium anisopliae* son una opción para controlar la fusariosis en el cultivo de frijol, y con ello reducir en un futuro la aplicación de sustancias químicas en campo para el control de enfermedades en los cultivos provocadas por hongos.

REFERENCIAS

- Ahmad**, I., Jiménez-Gasco, M. D. M., Luthe, D. S., Shakeel, S. N., & Barbercheck, M. E. (2020). Endophytic *Metarhizium robertsii* promotes maize growth, suppresses insect growth, and alters plant defense gene expression. *Biological Control*, *144*, [104167]. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104167>
- Casierra-Posada**, F., Ávila-León, O., & Riascos-Ortíz, D. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. *Temas Agrarios*, *17*(1), 2012. <https://doi.org/10.21897/rta.v17i1.697>
- Cruz-Rodríguez**, R.I., Cruz-Salomón, A., Ruiz-Lau, N., Pérez-Villatoro, J.I., Esquinca-Avilés, H.A., Meza-Gordillo, R. (2020). Potential Application of *Crotalaria longirostrata* Branch Extract to Reduce the Severity of Disease Caused by *Fusarium*. *Agronomy*, *10*, 524. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040524>
- De Oliveira** Lopes, A.R., Locatelli, G.O., de Melo Barbosa, R., Junior, M.L., Mascarin, G.M., Finkler, C.L.L. (2020). Preparation, characterisation and cell viability of encapsulated *Trichoderma asperellum* in alginate beads. *Journal of Microencapsulation*. <https://doi.org/10.1080/02652048.2020.1729884>
- García Enciso**, E. L., Robledo Olivo, A., Benavides Mendoza, A., Solís Gaona, S., & González Morales, S. (2018). Efecto de elicitores de origen natural sobre plantas de tomate sometidas a estrés biótico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (20). <https://doi.org/10.29312/remexca.voi20.991>
- Ketta**, H.A., Hewedy, O.A.R. (2021). Biological control of *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum* root rot disease using *Trichoderma* species. *Egypt J Biol Pest Control* *31*, 96. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00441-2>
- Krell**, V., Jakobs-Schoenwandt, D., Vidal, S., Patel, A.V. (2017). Encapsulation of *Metarhizium brunneum* enhances endophytism in tomato plants. *Biological Control*, *116*, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.05.004>
- Lei**, C. J., Halim, N. A., Asib, N., Zakaria, A., & Azmi, W. A. (2022). Conidial Emulsion Formulation and Thermal Storability of *Metarhizium anisopliae* against Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Dryophthoridae). *Microorganisms*, *10*(7), 1460. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071460>
- Liao**, X., Fang, W., Lin, L., Lu, H. L., & St Leger, R. J. (2013). *Metarhizium robertsii* produces an extracellular invertase (MrINV) that plays a pivotal role in rhizospheric interactions and root colonization. *PloS one*, *8*(10), e78118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078118> (10), e78118

- Liao, X., Lovett, B., Fang, W., & St Leger, R. J. (2017).** *Metarhizium robertsii* produces indole-3-acetic acid, which promotes root growth in *Arabidopsis* and enhances virulence to insects. *Microbiology (Reading, England)*, 163(7), 980–991. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000494>
- Manzanarez-Jiménez, L. A., García-Gutiérrez, C., Rosas-García, N. M., Luna-González, A., & Ortega-Avilés, M. (2023).** Formulaciones Micro Encapsuladas de *Metarhizium anisopliae* Contra el Gusano Tabacalero. *Southwestern Entomologist*, 47(4), 895-902. <https://doi.org/10.3958/059.047.0413>
- Mayerhofer, J., Rauch, H., Hartmann, M., Widmer, F., Gschwend, F., Strasser, H., Leuchtmann, A., Enkerli, J. (2019).** Response of soil microbial communities to the application of a formulated *Metarhizium brunneum* biocontrol strain. *Biocontrol Sci. Technol.* 29, 547–564. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1566953>
- Meirelles, L.N., Mesquita, E., Almeida-Corrêa, T., Barbosa-Bitencourt R.O., Oliveira, J.L., Leonardo Fernandes-Fraceto, L., Guedes-Camargo, M., Pinheiro-Bittencourt, V.R.E. (2023).** Encapsulation of entomopathogenic fungal conidia: evaluation of stability and control potential of *Rhipicephalus microplus*. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 14 (4), 102184. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2023.102184>
- Putnoky-Csicsó, B., Tonk, S., Szabó, A., Márton, Z., Tóthné Bogdányi, F., Tóth, F., Abod, É., Bálint, J., & Balog, A. (2020).** Effectiveness of the Entomopathogenic Fungal Species *Metarhizium anisopliae* Strain NCAIM 362 Treatments against Soil Inhabiting *Melolontha melolontha* Larvae in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 6(3), 116. <https://doi.org/10.3390/jof6030116>
- Razinger, J., Praprotnik, E., & Schroers, H. J. (2020).** Bioaugmentation of Entomopathogenic Fungi for Sustainable *Agriotes* Larvae (Wireworms) Management in Maize. *Frontiers in plant science*, 11, 535005. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.535005>
- Sarma, B.D., Puzari, K.C., Dutta, P., Pandey A.K. (2023).** An alginate-based encapsulation enhances shelf life and bioactivity of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*. *Egypt J Biol Pest Control* 33, 69. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00714-y>
- Shaalan, R. S., Gerges, E., Habib, W., Ibrahim, L. (2021).** Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* induces growth promotion effect and increases the resistance of cucumber plants against *Aphis gossypii*. *Journal of Plant Protection Research*, 61(4), 358-370. <https://doi.org/10.24425/jppr.2021.139244>
- Shaalan, R., Ibrahim, L. (2018).** Entomopathogenic fungal endophytes: Can they colonize cucumber plants? In *Book of Proceedings of the IX*

International Scientific Agriculture Symposium AGROSYM; AGROSYM: Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 853–860.

- Shah, S., Ash, G.J., Wilson, B.A. (2022).** Resporulation on *Metarhizium anisopliae* granules on soil and mortality of *Tenebrio molitor*: Implications for wireworm management in sweetpotato. *Ann. Appl. Biol.*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/aab.12797>
- Uzman, D., Pliester, J., Leyer, I., Entling, M.H., Reineke, A. (2019).** Drivers of entomopathogenic fungi presence in organic and conventional vineyard soils. *Appl. Soil Ecol.* 133, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.004>
- Vemmer, M., Patel, A.V. (2013)** Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents. *Biol. Control*, 67, 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.003>
- Yousef, M., Alba-Ramírez, C., Garrido Jurado, I., Mateu, J., Raya Díaz, S., Valverde-García, P., & Quesada-Moraga, E. (2018).** *Metarhizium brunneum* (Ascomycota; Hypocreales) Treatments Targeting Olive Fly in the Soil for Sustainable Crop Production. *Frontiers in plant science*, 9, 1. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00001>

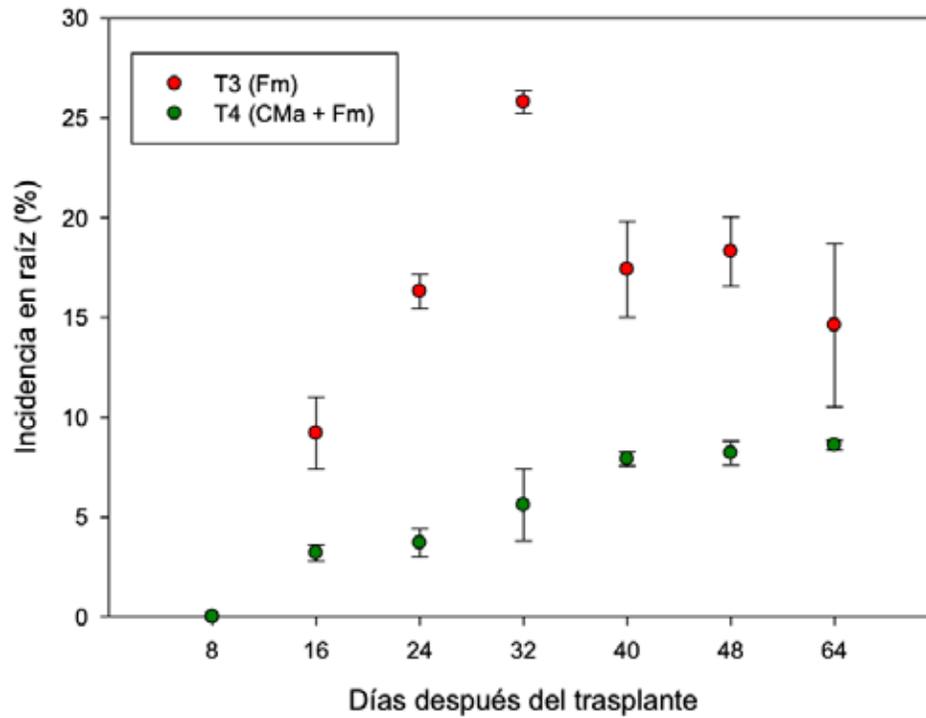


Figura 1. Porcentaje de incidencia de fusariosis en raíz de *Phaseolus vulgaris* L. Fm: *F. moniliforme*. CMA: Cápsulas de esporas de *M. anisopliae*

Cuadro 1

Variables morfológicas de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectadas con *Fusarium* a los 64 días de después de la inoculación

No.	Tratamiento	Variables							
		Peso Foliar fresco (g)	Peso Foliar seco (g)	Peso Raíz fresco (g)	Peso Raíz seco (g)	Longitud de raíz (cm)	Número de hojas	Altura de planta (cm)	Índice relativo de clorofila (unidades SPAD)
1	Fr	12.97 ± 4.63 c	2.48 ± 0.50 c	2.47 ± 0.21 c	0.54 ± 0.02 c	27.1 ± 0.22 c	42.5 ± 0.71 b	60.4 ± 0.71 ab	34.94 ± 1.18 b
2	Fr + Fm	16.35 ± 4.75 c	3.11 ± 0.63 c	2.08 ± 0.12 d	0.48 ± 0.03 d	26.4 ± 0.0 d	45.0 ± 8.49 b	45.0 ± 8.49 c	29.84 ± 4.72 bc
3	Fr + CMA	25.81 ± 0.0 b	4.68 ± 0.93 b	3.38 ± 0.42 b	0.66 ± 0.05 b	29.04 ± 1.07 b	48.5 ± 9.31 b	75.75 ± 17.04 b	40.41 ± 4.24 a
4	Fr + CMA + Fm	48.05 ± 0.0 a	9.46 ± 0.0 a	6.49 ± 0.0 a	1.13 ± 0.0 a	34.29 ± 0.77 a	66.0 ± 1.21 a	110.0 ± 2.5 a	31.7 ± 0.12 c

Valores promedio de tres repeticiones seguidas de al menos una misma letra no son significativamente diferentes a $P < 0.05$ (prueba de Tukey). Fr: frijol; CMA: Cápsulas de esporas de *M. anisopliae*; Fm: *F. moniliforme*

Actividad relajante de *Hyptis suaveolens* en anillos aislados de tráquea de cobayo

Relaxant activity of *Hyptis suaveolens* on isolated rings of guinea pig trachea

—

Jesús Arrieta Valencia¹ • jearrval@yahoo.com.mx
ORCID: 000-0003-2928-744X

Héctor Jonathan Reyes Cortés² • johnreyesct@gmail.com
ORCID: 0009-0009-7751-1216

Leticia Cruz Antonio² • letycruza@yahoo.com.mx
ORCID: 0000-0001-8812-9711

Yaraset López Lorenzo³ • yarlop_2310@outlook.com
ORCID: 0000-0002-3886-2955

María Elena Sánchez Mendoza¹ • mesmendoza@hotmail.com
ORCID: 0000-0003-4689-6757

1 ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
CIUDAD DE MÉXICO. MÉXICO

2 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO. CIUDAD DE MÉXICO. MÉXICO

3 INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
CHIAPAS. SUCHIAPA, CHIAPAS.



Para citar este artículo:

Arrieta Valencia, J., Reyes Cortés, H. J., Cruz Antonio, L., López Lorenzo, Y., & Sánchez Mendoza, M. E. Actividad relajante de *Hyptis suaveolens* en anillos aislados de tráquea de cobayo. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(34). <https://doi.org/10.31644/IMASD.34.2023.a02>

RESUMEN

El asma es una enfermedad crónica cuya sintomatología incluye la dificultad respiratoria, que se debe a la restricción del flujo de aire. Esto se atribuye a la contracción del músculo liso bronquial por diversos mediadores inflamatorios. Desafortunadamente, en la mayoría de los pacientes las terapias existentes no han logrado un control adecuado de la sintomatología, por lo que es necesaria la búsqueda de nuevas opciones. *Hyptis suaveolens* es utilizada en el estado de Chiapas, México, para tratar el asma, sin embargo, esta actividad no ha sido corroborada científicamente. Por lo que el objetivo de la presente contribución fue determinar la actividad relajante de *Hyptis suaveolens* en el modelo de anillos aislados de tráquea de cobayo. Los extractos de hexano, diclorometano y metanol de la planta se prepararon por maceración. El extracto de mayor actividad se separó por cromatografía en columna para encontrar la fracción más activa. Se determinó la participación de los receptores β_2 adrenérgicos y muscarínicos, mediante curvas concentración-respuesta a partir de los siguientes tratamientos: la subfracción activa de *Hyptis suaveolens* (56-177 $\mu\text{g}/\text{mL}$) e isoproterenol (3-170 μM) en ausencia y presencia de propranolol (0.3 μM), y carbacol (1×10^{-16} -0.01 M) en ausencia y presencia de la subfracción activa (100 y 177 $\mu\text{g}/\text{mL}$) o de atropina (0.3 y 3 μM). El extracto de diclorometano fue el más activo ($p < 0.05$), y su subfracción más activa (F_4') tuvo una CE_{50} de $91.19 \pm 1.83 \mu\text{g}/\text{mL}$. El efecto relajante de F_4' no fue inhibido por propranolol. F_4' se comportó como un antagonista competitivo de los receptores muscarínicos ($p < 0.01$). En conclusión, *Hyptis suaveolens* ejerce actividad relajante sobre anillos aislados de tráquea de cobayo. Una subfracción activa del extracto de diclorometano actuó como antagonista competitivo sobre los receptores muscarínicos, pero los receptores β_2 adrenérgicos no participaron en su mecanismo de acción.

Palabras clave:

Hyptis suaveolens; asma; actividad relajante; plantas medicinales; tráquea de cobayo.

— Abstract —

Asthma is a chronic disease that leads to difficulty in breathing due to the restriction of airflow. This is attributed to the contraction of bronchial smooth muscle tissue by diverse inflammatory mediators. Since existing therapies have not achieved adequate control of the symptomology of most patients, new options are needed. *Hyptis suaveolens* is used in the State of Chiapas, Mexico, to treat asthma, but its activity has not been corroborated scientifically. The aim of the current contribution was to determine the muscle relaxant activity of *Hyptis suaveolens* in the model of rings isolated from guinea pig trachea. The hexane, dichloromethane, and methanol extracts of the plant were prepared by maceration. The extract with the greatest activity was separated by column chromatography to find the most active fraction. The participation of β_2 adrenergic and muscarinic receptors was determined by constructing concentration-response curves from the following treatments: the active subfraction of *Hyptis suaveolens* (56-177 $\mu\text{g}/\text{mL}$), isoproterenol (3-170 μM) in the absence and presence of propranolol (0.3 μM), and carbachol (1×10^{-16} -0.01 M) in the absence and presence of the active subfraction (100 y 177 $\mu\text{g}/\text{mL}$) or of atropine (0.3 y 3 μM). The dichloromethane extract was the most active ($p < 0.05$), and its most active subfraction (F4') showed an EC_{50} of $91.19 \pm 1.83 \mu\text{g}/\text{mL}$. The relaxant effect of F4' was not inhibited by propranolol. F4' behaved as a competitive antagonist of muscarinic receptors ($p < 0.01$). In conclusion, *Hyptis suaveolens* exerts a muscle relaxant activity on rings isolated from guinea pig trachea. An active subfraction of the dichloromethane extract acted as a competitive antagonist on muscarinic receptors, but β_2 adrenergic receptors did not participate in its mechanism of action.

Keywords:

Hyptis suaveolens; asthma; relaxant activity; medicinal plants; guinea pig trachea.

El asma es una enfermedad crónica de las vías respiratorias que afecta aproximadamente a 300 millones de personas a nivel mundial y se considera que para el 2025 otros 100 millones de personas la padezcan (Taur y Patil, 2011). En México, se estima que 7.0% de la población sufre de asma, lo que significa que 8.5 millones de habitantes la padecen (Arteaga-Badillo *et al.*, 2020). La sintomatología de esta enfermedad incluye: tos, sibilancias, opresión torácica y dificultad respiratoria (WHO, 2023). En esta última se encuentran involucrados diversos mediadores inflamatorios que provocan la contracción del músculo liso de la vía aérea, que restringe el flujo de aire y evita un correcto intercambio gaseoso de O_2 y CO_2 en la sangre (Arteaga-Badillo *et al.*, 2020). Se considera que el estrechamiento excesivo de las vías respiratorias es la causa principal de morbilidad y mortalidad en esta enfermedad.

Las exacerbaciones conducen a la hospitalización, la pérdida de días de trabajo y a la discapacidad (Dowell *et al.*, 2014). Actualmente los fármacos utilizados en el manejo del asma se dividen en dos grupos, los de acción broncodilatadora (agonistas β_2 adrenérgicos, anticolinérgicos y metilxantinas) que consiguen una mejoría sintomática relajando la musculatura lisa de las vías respiratorias y los antiinflamatorios (corticosteroides, antileucotrienos y cromonas) (Arteaga-Badillo *et al.*, 2020). Aunque se suelen utilizar diferentes esquemas farmacológicos para controlar y reducir los síntomas, desafortunadamente la terapia actual carece de un éxito satisfactorio debido a que los síntomas pueden reaparecer cuando se interrumpen los tratamientos y a los efectos adversos que se presentan (Taur y Patil, 2011). Algunos estudios indican que más del 50% de los pacientes asmáticos no están controlados (Arteaga-Badillo *et al.*, 2020), por lo que los pacientes buscan medicina complementaria y alternativa para tratar su asma (Taur y Patil, 2011), dentro de ellas se ha considerado el empleo de agentes inmunomoduladores y la herbolaria (Arteaga-Badillo *et al.*, 2020). Se sabe que algunas plantas medicinales son capaces de relajar el músculo liso de las vías respiratorias mejorando el flujo de aire (Águila *et al.*, 2015), lo que se manifiesta en un alivio en la sintomatología de los pacientes.

En México, en el estado de Chiapas, se utiliza la planta *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) Poit., para tratar diferentes enfermedades, entre ellas el asma. La planta es conocida de manera local con los nombres de chía, confitura, y hierba de burro. Entre las actividades farmacológicas que han sido atribuidas y comprobadas experimentalmente para *Hyptis suaveolens* se encuentran: la actividad antiinflamatoria, antinociceptiva, anticancerígena, antihiperlipidémica y antiulcerosa, (Santos *et al.*, 2007; Vera-Arzave *et al.*, 2012; Bayala *et al.*, 2020; Mishra *et al.*, 2021), sin embargo, no existía evidencia científica para el tratamiento del asma. Por lo que, el objetivo

de la presente contribución fue determinar la actividad relajante de *Hyptis suaveolens* en el músculo liso de anillos de tráquea aislada de cobayo.

METODOLOGÍA

Material vegetal

La planta *Hyptis suaveolens* se recolectó en el municipio de Copainalá (Chiapas, México) durante el mes de agosto de 2018 y un ejemplar fue depositado en el herbario CHIP para su identificación. El herbario CHIP pertenece a la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural, de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El número de registro asignado fue 27939.

Preparación de extractos y fraccionamiento cromatográfico

Las partes aéreas (tallos y hojas) de *Hyptis suaveolens* fueron secadas a la sombra a temperatura ambiente y posteriormente pulverizadas. A continuación, se siguieron los pasos que caracterizan un estudio biodirigido (Cornejo-Báez *et al.*, 2020). Se utilizaron 20 kilos de la planta que fueron extraídos mediante el proceso de maceración utilizando los disolventes de hexano, diclorometano y metanol en orden creciente de polaridad (Sharma y Gupta, 2015). El material vegetal estuvo en contacto con cada disolvente durante tres días, transcurrido ese tiempo los disolventes de la maceración se filtraron y se concentraron a presión reducida en un rotaevaporador (Sharma y Gupta, 2015), y el proceso se repitió 3 veces con cada disolvente. Al finalizar la extracción se obtuvieron rendimientos de 2.5, 2.3, y 5.6%, de cada extracto respectivamente. Debido a que el extracto más activo fue el de diclorometano (440 g), este se separó por cromatografía en columna (Cornejo-Báez *et al.*, 2020) empacada con sílica gel y se obtuvieron 5 fracciones. Para la fase móvil se utilizaron mezclas de los disolventes de hexano/acetato de etilo en proporciones de 9:1 (F1), 7:3 (F2), y 5:5 (F3), así como los disolventes de acetato de etilo (F4) y metanol (F5). Los rendimientos obtenidos de dichas fracciones fueron de 22, 21,17, 21, y 18%, respectivamente. La F4 fue la más activa, por lo que 80.5 g de esta se separaron por cromatografía en columna de sílica gel utilizando como eluyentes mezclas de los disolventes (Sharma y Gupta, 2015) de hexano/acetato de etilo en polaridad creciente: 9:1 (F1'), 8:2 (F2'), 7:3 (F3'), y 5:5 (F4'), obteniéndose rendimientos de 26, 29, 33 y 1.7%, respectivamente.

Experimentos farmacológicos

Animales

Se utilizaron cobayos machos de la cepa Hartley de un peso corporal entre 300 y 450 g. Todos los procedimientos se realizaron conforme a la regulación Nacional existente para el cuidado y experimentación con animales de laboratorio (SAGARPA.NOM-062-ZOO-1999) y el estudio obtuvo la aprobación del comité interno CICUAL, de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional con el código asignado de: CICUAL-08/4-12-2017.

Fármacos

Los fármacos utilizados (cloruro de acetilcolina, carbacol, isoproterenol, propranolol, y atropina) fueron adquiridos de Sigma-Aldrich. Todas las soluciones con agua destilada fueron preparadas el mismo día en que se realizaron los ensayos biológicos.

Extractos, fracciones y subfracciones

Los extractos, fracciones, y subfracciones, fueron suspendidos en Tween 80 (0.05%) con agua destilada y preparados el mismo día que fueron evaluados (Arrieta *et al.*, 2018).

Preparación de la tráquea

Los cobayos fueron sacrificados al administrarles una sobredosis de pentobarbital (95 mg/kg) vía intraperitoneal. Posteriormente, de forma inmediata se realizó la disección de la tráquea y se limpió del tejido adherido. En todo momento la tráquea se mantuvo en una solución de Krebs la cual estuvo constituida por (mM): NaCl (118), NaHCO₃ (25.0), glucosa (11), KCl (4.7), CaCl₂·2H₂O (2.2), KH₂PO₄ (1.2) y MgSO₄·7H₂O (1.2), a un pH de 7.4, a temperatura de 37 °C y aireada de manera constante con una mezcla de 95% O₂ y 5% CO₂. De cada tráquea de cobayo se obtuvieron 8 anillos, los cuales se colocaron en cámaras de órgano aislado con un volumen de 10 mL. Los anillos se sujetaron entre dos ganchos insertados en el lumen, uno estuvo fijado en las cámaras y el otro a un transductor de fuerza Biopac TSD 125C que registró la tensión isométrica en un polígrafo Biopac MP150. Cada anillo se ajustó a una tensión de 2 g y se permitió reposar por 30 minutos. Posteriormente se determinó la viabilidad del tejido aplicando una solución de 30 μM de acetilcolina. A continuación, se realizaron lavados con solución de Krebs cada 15 minutos durante una hora, para después proceder a realizar los experimentos

correspondientes (Arrieta *et al.*, 2018). Los valores fueron digitalizados y analizados por medio de un software de adquisición de datos (Acknowledge 4.0).

Evaluación de la actividad relajante de *Hyptis suaveolens*

El tejido se contrajo con carbacol (3 μM) y cuando se alcanzó una meseta se aplicaron diferentes concentraciones en orden creciente de los extractos (17.7, 31.6, 56.2, 100, 177 y 316 $\mu\text{g}/\text{mL}$), fracciones (75, 100, 133, 177, 237 y 316 $\mu\text{g}/\text{mL}$), subfracciones (56-177 $\mu\text{g}/\text{mL}$) o vehículo, cada 7 minutos, de acuerdo con el experimento correspondiente (Arrieta *et al.*, 2018). En todos los casos se consideró como 100% la contracción máxima inducida por carbacol.

Evaluación de la participación de los receptores β_2 adrenérgicos

Los anillos de la tráquea se incubaron con una solución de propranolol (0.3 μM) o vehículo, durante 15 minutos. Posteriormente se contrajo con carbacol (3 μM) hasta alcanzar una meseta (15 minutos) y después se adicionaron concentraciones crecientes cada 7 minutos de la subfracción activa F4' (56, 75, 100, 133 y 177 $\mu\text{g}/\text{mL}$) o isoproterenol (3 -170 μM) que se utilizó como fármaco de referencia, en experimentos independientes (Arrieta *et al.*, 2018). Se consideró como 100% la contracción máxima inducida por carbacol en ausencia de propranolol.

Evaluación de la participación de los receptores muscarínicos

Los anillos se incubaron con atropina (0.3 y 3 μM), subfracción activa F4' (100 y 177 $\mu\text{g}/\text{mL}$) o vehículo durante 15 minutos en experimentos independientes. Posteriormente se aplicaron cada 7 minutos concentraciones crecientes de carbacol (1×10^{-16} - 0.01 M). Se consideró como 100% la contracción máxima alcanzada por carbacol en ausencia de atropina o de F4' (Sánchez-Mendoza *et al.*, 2008).

Análisis estadístico

Los resultados se reportan como la media \pm EEM de al menos seis experimentos. Los valores de CE_{30} y CE_{50} se calcularon por regresión lineal (Talladira, 2000). Para comparar la diferencia entre dos determinaciones se utilizó la prueba t de student y para las diferencias entre varias determinaciones se realizó un análisis de varianza seguido de la prueba de Dunnett. Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas si el valor de p fue menor de 0.05.

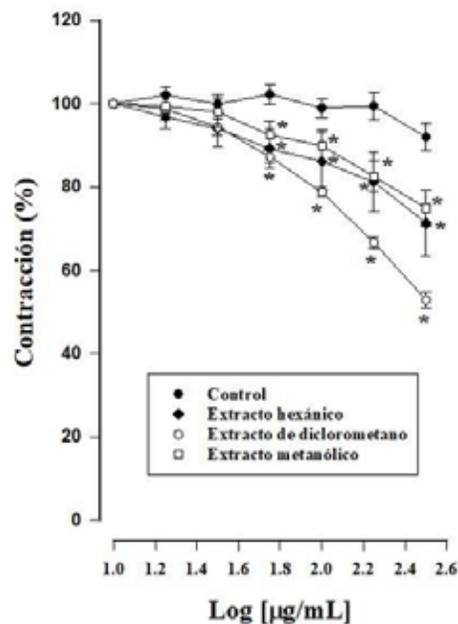
RESULTADOS

Evaluación de la actividad relajante de Hyptis suaveolens

Las curvas acumulativas concentración-respuesta de los extractos de hexano, diclorometano y metanol se presentan en la Figura 1. En ella, se puede apreciar que los extractos relajaron el tejido de forma dependiente de la concentración y el extracto más activo fue el de diclorometano que alcanzó un valor de máxima relajación de $47.16 \pm 1.93\%$ a la concentración de $316 \mu\text{g/mL}$ y se obtuvo un valor de CE_{30} de $138.07 \mu\text{g/mL}$.

En el fraccionamiento por cromatografía en columna del extracto de diclorometano se obtuvieron 5 fracciones, la primera fue inactiva (F1) en cambio el resto de las fracciones (F2-F5) mostraron un efecto relajante dependiente de la concentración. Entre las fracciones activas destaca la fracción F4 como la más eficaz y potente (Tabla 1).

Posteriormente, la fracción F4 (acetato de etilo) se separó en un segundo fraccionamiento, del que se obtuvieron 4 subfracciones, la de mayor actividad relajante fue la F4' que se obtuvo con una mezcla de Hexano/AcOEt 5:5. Al compararla con la F4 de la cual provenía, se evidencia claramente que con el fraccionamiento cromatográfico se obtuvo una subfracción con igual eficacia ya que ambas relajaron casi al 100%, como se observa en la Figura 2, aunque lo hicieron a diferentes concentraciones.



Los datos se expresan como el promedio \pm EEM de seis evaluaciones. * Representa la respuesta que fue estadísticamente diferente (ANOVA seguido de la prueba de Dunnett, $p < 0.05$) comparada con el grupo control.

Figura 1. Efecto relajante de los extractos de *Hyptis suaveolens* sobre el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo contraídos con carbacol ($3 \mu\text{M}$)

Tabla 1

Valores de máximo efecto relajante (Em_{\max}) y CE_{30} de las fracciones del extracto de diclorometano de *Hyptis suaveolens* en el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo contraídos con carbacol ($3 \mu M$)

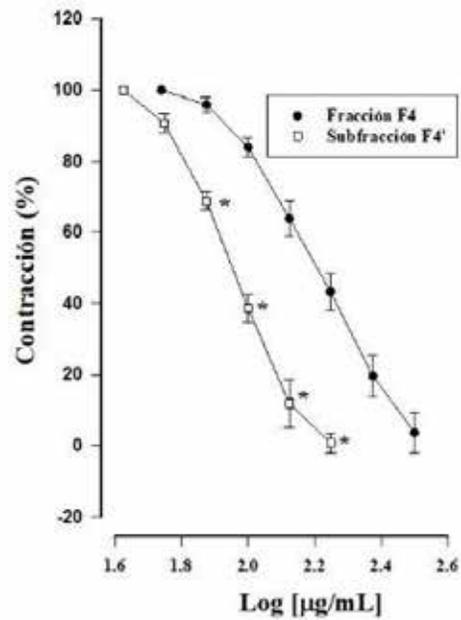
Tratamiento	Em_{\max} (%) \pm EEM	CE_{30} ($\mu g/mL$) \pm EEM
Control	3.07 \pm 3.98	-
F1	14.41 \pm 5.13	-
F2	*64.17 \pm 4.92	**191.66 \pm 10.53
F3	*61.9 \pm 4.44	**156.78 \pm 4.93
F4	*96.37 \pm 5.66	114.08 \pm 3.44
F5	*50.49 \pm 4.73	**225.01 \pm 16.73

* Representa la diferencia significativa comparada con el grupo control (ANOVA, seguido de la prueba de Dunnett, $p < 0.05$) y ** la diferencia respecto a la CE_{30} de la fracción F4 (ANOVA, seguido de la prueba de Dunnett, $p < 0.05$).

En cuanto a potencia se encontró que $F4'$ es más potente que $F4$ como se observa en los valores de CE_{50} (Tabla 2). Para determinar la complejidad de la subfracción $F4'$ se realizó una cromatografía en capa fina en la que se detectaron 3 compuestos, lo cual sugiere la presencia de más de un compuesto responsable de la actividad relajante de esta subfracción.

Evaluación de la participación de los receptores β_2 adrenérgicos

La subfracción $F4'$ produjo un efecto relajante que no se inhibió por la presencia de propranolol, lo cual indica que en la relajación producida por $F4'$ no está involucrada la activación de los receptores β_2 adrenérgicos (Figura 3A). En cambio, para el fármaco de referencia isoproterenol (agonista de los receptores β -adrenérgicos), su efecto relajante se inhibió en su totalidad por la presencia de propranolol (Figura 3B).



Los datos se expresan como el promedio \pm EEM de seis evaluaciones. * Representa la respuesta que fue estadísticamente diferente entre los grupos (t de student, $p < 0.05$).

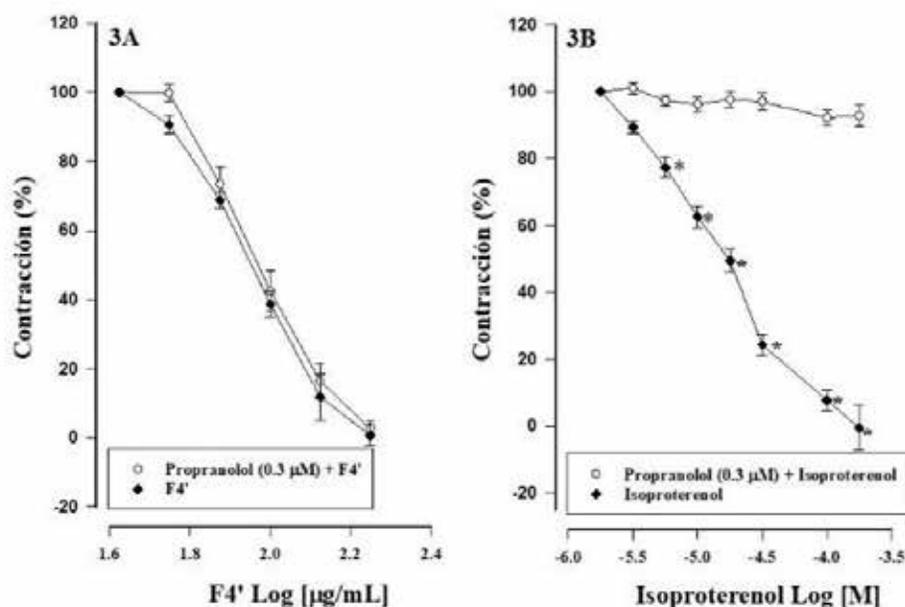
Figura 2. Efecto relajante de la fracción F4 y la subfracción F4' sobre el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo contraídos con carbacol (3 μ M)

Tabla 2

Valores de máximo efecto relajante ($E_{m\acute{a}x}$) y CE_{50} de la fracción F4 y subfracción F4' en el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo contraídos con carbacol (3 μ M)

Fracciones	$E_{m\acute{a}x}$ (%) \pm EEM	CE_{50} (μ g/mL) \pm EEM
F4 (Acetato de etilo)	96.37 \pm 5.66	151.47 \pm 3.91
F4' (Hexano/AcOEt 5:5)	99.33 \pm 2.90	*91.19 \pm 1.83

* Representa la diferencia significativa entre los grupos (t de student, $*p \leq 0.001$).



Los datos se expresan como el promedio \pm EEM de seis evaluaciones. * Representa la respuesta que fue estadísticamente diferente entre los grupos (t de student, $p < 0.05$).

Figura 3. Efecto relajante (A) de la subfracción F4' e (B) isoproterenol sobre el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo contraídos con carbacol (3 µM), ambos en ausencia y presencia de propranolol

Evaluación de la participación de los receptores muscarínicos

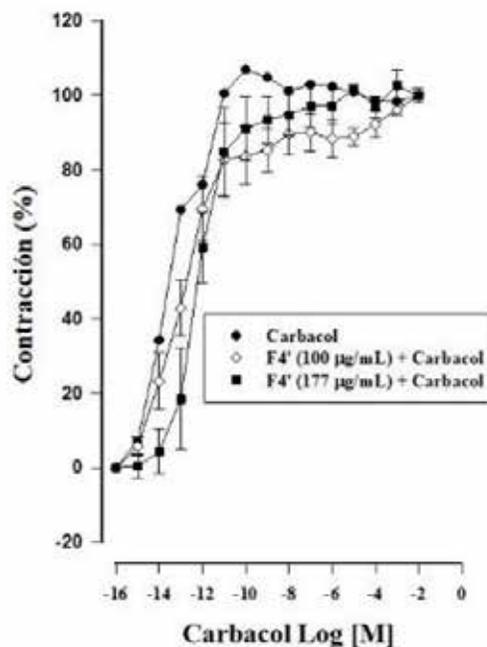
Las curvas concentración-respuesta de carbacol en presencia de las concentraciones de 100 y 177 µg/mL de la subfracción F4' se desplazaron hacia la derecha respecto a la curva de carbacol (Figura 4), lo que indica que se modificó la potencia como se reafirma con los valores de CE_{50} (Tabla 3). No obstante, la presencia de F4' no modificó el efecto de contracción máxima obtenido con carbacol (Figura 4), lo cual refleja un comportamiento de tipo antagonista competitivo sobre los receptores muscarínicos, donde se ve modificada la potencia, pero no la eficacia. Como fármaco de referencia se utilizó atropina (un antagonista competitivo de los receptores muscarínicos), que de igual forma provocó un desplazamiento hacia la derecha en las curvas concentración-respuesta contráctil de carbacol en las que estuvo presente (Figura 5). Los valores de CE_{50} se muestran en la Tabla 4, donde se puede observar que la atropina disminuyó la potencia de carbacol.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio de *Hyptis suaveolens* proporcionan un sustento científico al uso tradicional de esta planta para tratar el asma, ya que se ha

reportado que los productos naturales capaces de relajar el músculo liso de las vías respiratorias suelen mejorar el flujo de aire y se consideran como tratamientos alternativos para tratar a pacientes asmáticos (Águila *et al.*, 2015). Adicionalmente, se ha reportado que *Hyptis suaveolens* ejerce un efecto antiinflamatorio en un modelo *in vivo* (Misrha, 2021). Considerando que los pacientes con asma presentan niveles elevados de IgE que desencadena reacciones inflamatorias (incluyendo la liberación de mediadores como histamina, prostaglandinas y leucotrienos) que conllevan a la contracción del músculo liso de las vías respiratorias (Taur y Patil, 2011), la contribución de *Hyptis suaveolens* podría ser importante ya que puede actuar como antiinflamatoria y también relajar el músculo liso de las vías respiratorias.

En el estudio biodirigido de *Hyptis suaveolens* se encontró la mayor actividad en el extracto de diclorometano y del fraccionamiento cromatográfico del mismo, se obtuvieron 4 fracciones activas (F2-F5), lo cual indica que en dicho extracto podemos encontrar más de un compuesto con actividad relajante.



Los resultados se expresan como el promedio \pm EEM de seis experimentos.

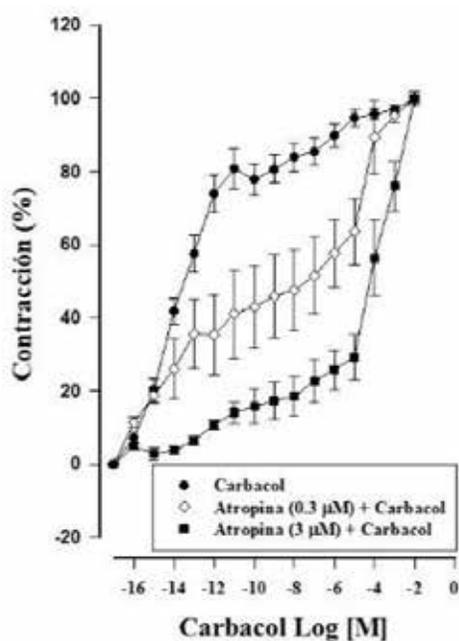
Figura 4. Efecto de la subfracción F4' sobre las contracciones acumulativas inducidas por carbacol en el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo

Tabla 3

Valores de CE_{50} de carbacol en el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo en ausencia y en presencia de la subfracción $F4'$

Tratamiento	CE_{50} (M) \pm EEM
Carbacol	$2.27 \times 10^{-15} \pm 2.86 \times 10^{-15}$
$F4'$ (100 μ g/mL) + Carbacol	* $2.29 \times 10^{-13} \pm 3.53 \times 10^{-13}$
$F4'$ (177 μ g/mL) + Carbacol	* $1.92 \times 10^{-12} \pm 2.61 \times 10^{-12}$

* Representa la diferencia significativa comparada con el grupo tratado exclusivamente con carbacol (ANOVA, seguido de la prueba de Dunnett, $p \leq 0.01$).



Los resultados se expresan como el promedio \pm EEM de seis experimentos.

Figura 5. Efecto de la atropina sobre las contracciones acumulativas de carbacol en el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo

Tabla 4

Valores de CE_{50} de carbacol en el músculo liso de anillos de tráquea de cobayo en ausencia y presencia de atropina

Tratamiento	CE_{50} (M) \pm EEM
Carbacol	$2.79 \times 10^{-13} \pm 1.56 \times 10^{-13}$
Atropina 0.3 μ M + Carbacol	* $1.050 \times 10^{-08} \pm 1.1 \times 10^{-08}$
Atropina 3 μ M + Carbacol	* 0.0078 ± 0.0136

* Representa la diferencia significativa comparada con el grupo tratado exclusivamente con carbacol (ANOVA seguido de la prueba de Dunnett, $p \leq 0.01$).

Del fraccionamiento de F₄, que fue la fracción más activa se obtuvieron 4 subfracciones, de las cuales la F₄' fue la que presentó actividad relajante. La cromatografía en capa fina de F₄' sugiere que está constituida por al menos 3 compuestos, por lo que sería relevante que en estudios posteriores se pudieran aislar y evaluar dichos compuestos para determinar si la relajación se debe a uno o más de ellos o incluso a la combinación de los mismos y finalmente se podría proceder a la identificación del o los compuestos que resulten activos.

Por otro lado, se sabe que el músculo liso de las vías aéreas puede relajarse cuando se activan directamente mecanismos de relajación (a través de la estimulación de AMPc, GMPc, inhibiendo la degradación de nucleótidos cíclicos y/o modulando la actividad de los canales iónicos de la membrana celular) o mediante la inhibición del efecto de agonistas contráctiles (como acetilcolina y leucotrienos, etc.) (Thirstrup, 2000). En este estudio se exploró dos posibles mecanismos de acción relajante de la subfracción activa F₄', el primero de ellos fue la participación de los receptores β_2 -adrenérgicos. Estos receptores están acoplados a proteínas Gs y al ser activados estimulan la enzima adenilil ciclasa, que cataliza la formación del segundo mensajero AMPc que conlleva a la activación de la proteína cinasa A (PKA) que a su vez fosforila varias proteínas, incluidas las cinasas de la cadena ligera de miosina. Cuando esta última es fosforilada, disminuye su afinidad por Ca²⁺/calmodulina lo que da como resultado en última instancia la relajación del músculo liso (Barisione *et al.*, 2010; Alkawadri *et al.*, 2022). Para ello, se realizaron curvas de relajación de la subfracción F₄' en ausencia y en presencia de propranolol (antagonista de los receptores β -adrenérgicos) y se encontró que las curvas de relajación no se modificaron. Por lo tanto, se descarta la participación de estos receptores en el mecanismo de acción de F₄', caso contrario sucedió con el fármaco de referencia isoproterenol (agonista β -adrenérgico) cuyo efecto se inhibió por la presencia de propranolol.

El segundo mecanismo a estudiar fue la acción sobre los receptores muscarínicos ya que estos están involucrados en el control del tono y diámetro del músculo liso de las vías respiratorias. En el músculo liso se encuentran los receptores M₂ y M₃. La participación de los M₂ es diversa, se ha reportado que inhiben la relajación provocada por los receptores β -adrenérgicos al inhibir la actividad de la enzima adenilil ciclasa, pero también se ha encontrado evidencia de su papel contráctil cuando los receptores muscarínicos M₃ están bloqueados (Soukup *et al.*, 2017; Alkawadri *et al.*, 2022). Mientras que los receptores M₃ son los principales subtipos involucrados en la respuesta contráctil en el músculo liso (Soukup *et al.*, 2017), y esta se desencadena cuando el agonista se une a dichos receptores, lo que conlleva a la activación de una proteína Gq que se une a la enzima fosfolipasa C (PLC β), que genera los segundos mensajeros IP₃ y DAG los cuales contribuyen a la contracción del músculo liso (Soukup *et al.*, 2017). Se construyeron curvas contráctiles de carbacol

en ausencia y en presencia de dos concentraciones de la subfracción F₄' en experimentos independientes y como fármaco de referencia se utilizó atropina que es un antagonista competitivo de los receptores muscarínicos. Las curvas contráctiles de carbacol en presencia de F₄', presentaron características típicas de un comportamiento de tipo antagonista competitivo, lo que significa que F₄' disminuyó la potencia de carbacol pero mantuvo su eficacia. A menor potencia se necesita mayor cantidad de fármaco (carbacol) para alcanzar el efecto que se obtiene en ausencia de F₄' y se puede asumir que el carbacol y F₄' compiten por el mismo sitio de unión en el receptor muscarínico M₃ (Blumenthal, 2019). Actualmente en el tratamiento del asma se utilizan fármacos anticolinérgicos de acción corta (ipratropium y oxitropium) y de acción larga (tiotropium), y un enfoque vigente en el desarrollo de nuevos fármacos anticolinérgicos para el asma es diseñar compuestos con acción prolongada sobre los receptores muscarínicos M₃ y menos efecto sobre los M₂ (Soukup *et al.*, 2017). Por lo que sería importante que en estudios posteriores se identifiquen los compuestos responsables de la actividad de F₄' y se evalúen de manera individual para determinar si continúan teniendo el mismo comportamiento o incrementan el efecto antagonista. De igual manera sería importante continuar explorando otros mecanismos de acción para contribuir al sustento científico del uso de esta planta medicinal.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que *Hyptis suaveolens* produce relajación del músculo liso de tráquea de cobayo, con lo cual puede contribuir a la mejoría de la sintomatología de los pacientes asmáticos. Se logró identificar una subfracción activa en cuyo mecanismo de acción se descarta la implicación de los receptores β_2 -adrenérgicos y se encontró que actúa como un antagonista competitivo de los receptores muscarínicos.

REFERENCIAS

- Águila, L.,** Ruedlinger, J., Mansilla, K., Ordenes, J., Salvatici, R., de Campos, R. R., & Romero, F. (2015). Relaxant effects of a hydroalcoholic extract of *Ruta graveolens* on isolated rat tracheal rings. *Biological research*, 48(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40659-015-0017-8>
- Alkawadri, T.,** Wong, P. Y., Fong, Z., Lundy, F. T., McGarvey, L. P., Hollywood, M. A., Thornbury, K. D., & Sergeant, G. P. (2022). M2 Muscarinic Receptor-Dependent Contractions of Airway Smooth Muscle are Inhibited by Activation of β -Adrenoceptors. *Function (Oxford, England)*, 3(6), zqac050. <https://doi.org/10.1093/function/zqac050>
- Arrieta, J.,** López-Lorenzo, Y., Gómez-Patiño, M.B., Sánchez-Mendoza, Y., & Sánchez-Mendoza, M.E. (2018). Relaxant effects of *Peperomia hispidula* (Sw.) A. Dietr. on isolated rat tracheal rings. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17 (6): 610 – 618.
- Arteaga-Badillo, D.A.,** Portillo-Reyes, J., Vargas-Mendoza, N., Morales-González, J.A., Izquierdo-Vega, J.A., Sánchez-Gutiérrez, M., Álvarez-González, I., Morales-González, Á., Madrigal-Bujaidar, E., & Madrigal-Santillán, E. (2020). Asthma: New Integrative Treatment Strategies for the Next Decades. *Medicina (Kaunas)*, 56(9):438. <https://www.mdpi.com/1648-9144/56/9/438>
- Barisione, G.,** Baroffio, M., Crimi, E., & Brusasco, V. (2010). Beta-Adrenergic Agonists. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 3(4), 1016–1044. <https://doi.org/10.3390/ph3041016>
- Bayala, B.,** Nadembega, C., Guenné, S., Buñay, J., Mahoukèdè Zohoncon, T., Wendkuuni Djigma, F., Yonli, A., Baron, S., Figueredo, G., A Lobaccaro, J. M., & Simpoire, J. (2020). Chemical Composition, Antioxidant and Cytotoxic Activities of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Essential Oil on Prostate and Cervical Cancers Cells. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 23(9), 1184–1192. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.1184.1192>
- Blumenthal, D.K.** (2019). Farmacodinámica, mecanismos moleculares de la acción de los fármacos. En Brunton, L.L., Dandan, R.H., Knollmann, B.C. (Eds.), *Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica*. (13^a ed., pp. 34-36) Mc Graw Hill Education.
- Cornejo-Báez, A. A.,** Peña-Rodríguez, L. M., Álvarez-Zapata, R., Vázquez-Hernández, M., & Sánchez-Medina, A. (2020). Chemometrics: a complementary tool to guide the isolation of pharmacologically active natural products. *Drug discovery today*, 25(1), 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2019.09.016>

- Dowell, M. L., Lavoie, T. L., Solway, J., & Krishnan, R. (2014).** Airway smooth muscle: a potential target for asthma therapy. *Current opinion in pulmonary medicine*, 20(1), 66–72. <https://doi.org/10.1097/MCP.000000000000011>
- Mishra, P., Sohrab, S., & Mishra, S. K. (2021).** A review on the phytochemical and pharmacological properties of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. *Future journal of pharmaceutical sciences*, 7(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s43094-021-00219-1>
- SAGARPA. Norma Oficial Mexicana -NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.**
- Sánchez-Mendoza, M. E., Castillo-Henkel, C., & Navarrete, A. (2008).** Relaxant action mechanism of berberine identified as the active principle of Argemone ochroleuca Sweet in guinea-pig tracheal smooth muscle. *The Journal of pharmacy and pharmacology*, 60(2), 229–236. <https://doi.org/10.1211/jpp.60.2.0012>
- Santos, T. C., Marques, M. S., Menezes, I. A., Dias, K. S., Silva, A. B., Mello, I. C., Carvalho, A. C., Cavalcanti, S. C., Antonioli, A. R., & Marçal, R. M. (2007).** Antinociceptive effect and acute toxicity of the *Hyptis suaveolens* leaves aqueous extract on mice. *Fitoterapia*, 78(5), 333–336. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.01.006>
- Sharma, S. B., & Gupta, R. (2015).** Drug development from natural resource: a systematic approach. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 15(1), 52–57. <https://doi.org/10.2174/138955751501150224160518>
- Soukup, O., Winder, M., Killi, U. K., Wsol, V., Jun, D., Kuca, K., & Tobin, G. (2017).** Acetylcholinesterase Inhibitors and Drugs Acting on Muscarinic Receptors- Potential Crosstalk of Cholinergic Mechanisms During Pharmacological Treatment. *Current neuropharmacology*, 15(4), 637–653. <https://doi.org/10.2174/1570159X14666160607212615>
- Tallarida, R. (2000)** Drug synergism and dose-effect data analysis. *Chapman & Hall/CRC, USA*, pp 21–39.
- Taur, D.J., & Patil, R.Y. (2011).** Some medicinal plants with antiasthmatic potential: a current status. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 1(5), 413-418. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3614196/pdf/apjtb-01-05-413.pdf>
- Thirstrup, S. (2000).** Control of airway smooth muscle tone: II-pharmacology of relaxation. *Respiratory medicine*, 94(6), 519–528. <https://doi.org/10.1053/rmed.1999.0738>
- Vera-Arzave, C., Antonio, L. C., Arrieta, J., Cruz-Hernández, G., Velasquez-Mendez, A. M., Reyes-Ramírez, A., & Sánchez-Mendoza, M. E. (2012).** Gastroprotection of suaveolol, isolated from *Hyptis suaveolens*, against ethanol-induced gastric lesions in Wistar rats: role of prostaglandins, nitric oxide and sulfhydryls. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 17(8), 8917–8927. <https://doi.org/10.3390/molecules17088917>
- WHO (World Health Organization). 2023. Asthma.** <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma>

Estudio del efecto de la sequía inducida por polietilenglicol en *Capsicum frutescens* en un sistema hidropónico

Study of the effect of drought induced by polyethylene glycol in *Capsicum frutescens* in a hydroponic system

—
Blanca Olivia Trejo-Paniagua¹ • d06270242@tuxtla.tecnm.mx
ORCID: 0009-0008-3617-149X

María Goretty Caamal-Chan² • goretty_caamal@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-9351-4734

Rosa Isela Cruz-Rodríguez¹ • rosa.cr@tuxtla.tecnm.mx
ORCID: 0000-0002-4743-9112

Anayancy Lam-Gutiérrez • alam@cintalapa.tecnm.mx
ORCID: 0000-0001-9124-5721

Nancy Ruiz-Lau⁴ • nancy.rl@tuxtla.tecnm.mx*
ORCID: 0000-0002-5624-8561

1 TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO, CAMPUS TUXTLA. TUXTLA
GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO

2 CONAHCyT/CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE
S.C. LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

3 TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS CINTALAPA. CINTALAPA,
CHIAPAS, MÉXICO

* Agradecimientos: Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT-México) por el apoyo otorgado a través de la beca 919744 para los estudios de doctorado de Trejo-Paniagua, B. O.



Para citar este artículo:

Trejo Paniagua, B. O., Caamal Chan, M. G., Cruz Rodríguez, R. I., Lam Gutiérrez, A., & Ruiz Lau, N. Estudio del efecto de la sequía inducida por polietilenglicol en *Capsicum frutescens* en un sistema hidropónico. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(34). <https://doi.org/10.31644/IMASD.34.2023.a03>

RESUMEN

La sequía es el factor más común que limita el desarrollo y productividad de los cultivos, afectando severamente a la agricultura. En México, uno de los cultivos de importancia económica y gastronómica sensible al estrés hídrico es el género *Capsicum*. En el presente estudio se evaluó la aplicación de prolina en plantas de *Capsicum frutescens* expuestas a sequía inducida por polietilenglicol (PEG) en un sistema hidropónico. Empleando un diseño factorial 2^2 , se evaluaron un total de 60 plántulas durante 120 h divididas en cuatro tratamientos: PEG (0 y 10 %) y Pro (0 y 10 mM) como variables de estudio. Los resultados demostraron que la exposición a 10 mM de Pro indujo un aumento significativo en la concentración de clorofila y de prolina endógena (hoja y raíz) en las plántulas en ausencia de estrés. Además, se observó un 80 % de supervivencia de las plántulas y un aumento en el contenido de prolina en aquellas que estuvieron expuestas a 10 mM Pro + 10 % PEG. De igual manera, se presentó un aumento en el contenido de clorofila ($13 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), contenido relativo de agua (CRA) en raíz (77.6 %), porcentaje de electrolitos en hoja y raíz (~44 y ~52 % respectivamente), en comparación con el tratamiento de 0 mM Pro + 10 % PEG. Los resultados sugieren que la aplicación previa de prolina tiene un efecto positivo en la supervivencia de las plántulas bajo condiciones de sequía inducida por PEG.

Palabras clave:

Sequía; Capsicum frutescens; tolerancia; supervivencia.

— Abstract—

Drought is the most common factor limiting crops development and productivity, severely affecting agriculture. In Mexico, one of the crops of economic and gastronomically important sensitive to water stress is the *Capsicum* genus. In the present study, the application of proline on *Capsicum frutescens* plants exposed to drought induced by polyethylene glycol (PEG) in hydroponic system was evaluated. Using a 22 factorial design, a total of 60 seedlings were evaluated for 120 hours divided into four treatments: PEG (0 and 10 %) and Pro (0 and 10 mM) as study variable. The results showed that exposure to 10 mM of Pro induced a significant increase in the chlorophyll concentration and endogenous proline (leaf and root) in seedlings in the absence of stress. In addition, 80 % survived of seedlings and an increase in proline content was observed in those exposed to 10 mM Pro + 10 % PEG. Similarly, there was an increase in chlorophyll content ($13 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), relative water content (RWC) in the root (77.6 %), percentage of electrolytes in leaf and root (~44 and ~52 % respectively) compared to the treatment of 0 mM Pro + 10 % PEG. These results suggest that pre-application of proline has a positive effect on seedlings survival under PEG induced drought conditions.

Keywords:

Drought; Capsicum frutescens; tolerance; survival.

La sequía se considera el principal estrés que afecta el crecimiento y la productividad de los cultivos agrícolas, y se estima que las pérdidas económicas superan las causadas por otros tipos de estrés abiótico, lamentablemente, debido al cambio climático se esperan condiciones más extremas en los próximos años (dos Santos *et al.*, 2022). Uno de los cultivos afectados de gran importancia debido a la amplia variedad de aplicaciones culinarias y económicas es el chile. El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae y es nativo de América tropical y subtropical. Hasta el 2019 se han identificado 40 especies, de las cuales cinco son de gran relevancia económica (*C. annum*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. frutescens* y *C. pubescens*) y han sido domesticadas o semidomesticadas según la región en la que se cultivan. No obstante, experimenta un impacto significativo en su producción debido al estrés hídrico durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo, lo que limita su desarrollo y productividad (Tripodi & Kumar, 2019; Toppino *et al.*, 2021). Los efectos del déficit hídrico en las plantas dependen de su etapa de desarrollo, el tiempo de exposición, la especie y el grado de severidad, lo que conduce a alteraciones metabólicas como la reducción en la síntesis de pigmentos fotosintéticos, pérdida de turgencia, aumento en las especies reactivas de oxígeno, entre otros (Jalil & Ansari, 2020; Taiwo *et al.*, 2020). Actualmente, México es el cuarto productor a nivel mundial de chile fresco y se cultivan las cinco principales especies de importancia económica (Food and Agriculture Organization [FAOSTAT], 2023). Además, que en el territorio se encuentran presentes alrededor de 25 especies silvestres o semidomesticadas, una de ellas es *C. frutescens*, distribuida en el sureste del país (la Cruz-Lázaro *et al.*, 2017) el acervo genético de especies semidomesticadas ofrece la oportunidad de utilizarlo como modelos únicos de estudio para el fitomejoramiento de los cultivos. En los últimos años se ha llevado a cabo diversas investigaciones para mitigar los efectos del estrés hídrico y mejorar la tolerancia de las plantas. La aplicación exógena de bioestimulantes para aumentar el rendimiento y minimizar los efectos del estrés medioambiental es una de las estrategias más prometedoras (Sahoo *et al.*, 2019). El aminoácido prolina (Pro) es considerado como una de las moléculas de señalización más importantes, además de participar como osmoprotector al presentar correlación positiva entre la acumulación de prolina y la tolerancia al estrés (Elewa *et al.*, 2017; Suekawa *et al.*, 2019). No obstante, la aplicación de prolina exógena en diversos cultivos agrícolas bajo condiciones de sequía redujo las afectaciones y aumentó su tolerancia (Elewa *et al.*, 2017; Farooq *et al.*, 2017; Alkahtani *et al.*, 2021). Sin embargo, la respuesta de las plantas varía en función de los genotipos, la gravedad y el alcance de la sequía. Por lo tanto, en este estudio se evaluó el efecto de la aplicación de prolina y la sequía inducida por polietilenglicol (PEG) en plántulas de chile (*C. frutescens*) semidomesticadas en un sistema hidropónico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material vegetal

Las semillas de chile se germinaron en semilleros de poliestireno con una mezcla de turba (Peat moss®) y agrolita (Termolita® Hortiperl) en una proporción de 3:1 v/v. Después de 30 días de la germinación, las plántulas se trasplantaron a un sistema hidropónico con solución Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) durante 3 días bajo aireación constante para su adaptación (de Freitas *et al.*, 2019), con un fotoperiodo de 16/8 h luz/oscuridad, a una temperatura media de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. La solución de Hoagland contiene $50 \mu\text{M}$ de CaCl_2 (Sigma Aldrich®), $12.5 \mu\text{M}$ de H_3BO_3 (Sigma Aldrich®), 1 mM MnSO_4 (Sigma Aldrich®), $1 \mu\text{M}$ de ZnSO_4 (Sigma Aldrich®), $0.5 \mu\text{M}$ de CuSO_4 (Sigma Aldrich®), $0.1 \mu\text{M}$ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_3\text{O}_{24}$ (Sigma Aldrich®), $0.1 \mu\text{M}$ de NiCl (Sigma Aldrich®), $10 \mu\text{M}$ Fe-EDTA (Sigma Aldrich®), 1.2 mM de KNO_3 (Sigma Aldrich®), 0.8 mM de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (Sigma Aldrich®), 0.2 mM de KH_2PO_4 (Sigma Aldrich®), y 0.2 mM de MgSO_4 (Sigma Aldrich®).

2.2 Estrés hídrico inducido por polietilenglicol

El experimento se realizó utilizando un diseño factorial 2^2 para analizar el efecto de la prolina y la sequía inducida por polietilenglicol (PEG-8000 Sigma Aldrich®) en plántulas de chile. Se evaluó un total de 60 plántulas distribuidas en cuatro tratamientos. Después de la aclimatación de las plantas de chile se les aplicó un tratamiento con prolina durante 48 h, la cual se realizó mediante la suplementación de la solución de Hoagland en el cultivo hidropónico, utilizando concentraciones de 0 y 10 mM de prolina (Sigma Aldrich®).

Posteriormente, las plántulas fueron expuestas a 0 y 10 % PEG durante 120 h.

Al finalizar la exposición a estrés por sequía, se evaluó el porcentaje de supervivencia, contenido relativo de agua (CRA), cuantificación de electrolitos, contenido de clorofila y prolina endógena para cada uno de los tratamientos.

2.3. Tasa de supervivencia

La tasa de supervivencia de las plántulas de chile se determinó calculando el porcentaje de plantas vivas al final de la fase experimental en relación al número de plantas vivas al inicio, utilizando la ecuación (2), propuesta por Linares (como se citó en Peñalba, 2022).

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{P_v}{P_v + P_m} * 100 \quad (2)$$

Donde:

P_v = Plantas vivas

P_m = Plantas muertas

2.4. Contenido relativo de agua (CRA)

Para evaluar el CRA de hojas y raíces se determinó el peso fresco (P_f) de las plántulas después de la colecta. Posteriormente, se secaron a 65 °C en un desecador Hamilton Beach® de aire caliente durante 48 h para obtener el peso seco constante (P_s). Se utilizó la ecuación (1) descrita por Jothimani & Arulbalachandran, (2020).

$$\% \text{ CRA} = \frac{P_f - P_s}{P_f} * 100 \quad (1)$$

Donde:

% CRA = Contenido relativo de agua

P_f = Peso fresco del tejido vegetal

P_s = Peso seco del tejido vegetal

2.5. Cuantificación de electrolitos

Para evaluar el porcentaje de fuga de electrolitos se siguió la metodología descrita por Restrepo *et al.* (2013), con algunas modificaciones. Se colocaron discos del material vegetal fresco en tubos de ensayo con agua tridestilada. Se midió la conductividad inicial (CE_1), utilizando una sonda de conductividad CON-BTA (Vernier®), después de 2 h de incubación a temperatura ambiente (30±2 °C). Posteriormente, las muestras se incubaron a 120 °C durante 20 min, y se midió la conductividad final (CE_2). El porcentaje de electrolitos liberados se calculó utilizando la ecuación (3).

$$\% \text{ electrolitos} = \frac{CE_1}{CE_2} * 100 \quad (3)$$

2.6. Contenido de clorofila

Se determinó el contenido de clorofila total, utilizando el método de Inskeep & Bloom (1985) con modificaciones. Se maceraron 50 mg de hoja fresca con acetona (MEYER®) al 80 % y se incubaron a 4 °C durante 60 min, después se centrifugó a 10,000 rpm por 5 min. La cuantificación de clorofila total se

realizó por la técnica de espectrofotometría de UV-Visible, utilizando un espectrofotómetro marca HACH®, DR modelo 5000, a las longitudes de onda (λ) de 664 y 647 nm, utilizando la ecuación (4).

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}) = 17.95A_{647} + 7.90A_{664} \quad (4)$$

2.7. Determinación del contenido de prolina endógena en hoja y raíz

Se utilizó el protocolo de Escalante-Magaña (2020) para extraer y cuantificar la prolina endógena en muestras de hoja y raíz. La reacción se llevó a cabo con ninhidrina ácida (Sigma Aldrich®) y ácido acético glacial (MEYER®), y las muestras se incubaron a 96 °C durante 60 min. Posteriormente, se extrajo la fase orgánica con tolueno (MEYER®) y se cuantificó la cantidad de prolina mediante espectrofotometría a λ de 520 nm, utilizando la ecuación (5).

$$\mu\text{moles de prolina} \cdot \text{g}^{-1} = \left(\frac{(\mu\text{g de prolina} \cdot \text{mL}^{-1})(\text{mL de tolueno})}{\frac{115.5 \mu\text{g} \cdot \mu\text{mol}^{-1}}{\frac{\text{g muestra}}{5}}} \right) \quad (5)$$

2.8. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se evaluaron utilizando un análisis de varianza (ANOVA) unidireccional y la comparación de medias se realizó por la prueba de LSD ($P \leq 0.05$), a través del software Statgraphics Centurion XIX® (Statgraphics Technologies, Inc., Madrid, España).

3. RESULTADOS

Para determinar el efecto de la aplicación de prolina en plántulas de chile (*C. frutescens*) de 35 días posterior a la germinación, se sometieron a estrés hídrico inducido por PEG-8000 al 10 % durante 120 h. Los resultados indican que la exposición a 10 mM de Pro mejoró significativamente la capacidad de supervivencia alcanzando un valor del 80 % en las plántulas tratadas previamente con prolina (Tabla 1), comparado con un 40 % en aquellas sin tratar.

3.1. Contenido de clorofila

Las plántulas de chile tratadas previamente con prolina presentaron un mayor contenido de clorofila, en comparación con el tratamiento control en ausencia de estrés (Tabla 2). Por otro lado, al exponer las plántulas al estrés

por sequía inducido por PEG, se observó que el tratamiento con 10 mM Pro + 10 % PEG tuvo un mayor contenido de clorofila total que el tratamiento con 0 mM Pro + 10 % PEG, el cual mostró una disminución significativa debido a los efectos de la sequía.

3.2. Contenido relativo de agua (CRA)

Se observó que el CRA, tanto en la parte aérea como el sistema radicular, de las plántulas de chile disminuyó significativamente bajo condiciones de sequía (Tabla 3), en comparación con el control (sin PEG). No obstante, las plántulas tratadas previamente con prolina y expuestas a PEG presentaron un CRA significativamente mayor en el sistema radicular, en comparación con las plántulas sin tratamiento previo de prolina. Estos resultados sugieren que la aplicación de prolina podría haber ayudado a mantener la hidratación en las raíces durante la sequía.

3.3. Porcentaje de fuga de electrolitos

La exposición a sequía inducida por PEG aumentó significativamente la fuga de electrolitos en los tejidos de las hojas y raíz en plántulas de chile (*C. frutescens*) (Tabla 4), con respecto al control. No obstante, el tratamiento previo con prolina redujo la pérdida de electrolitos en ambos tejidos, en comparación con el tratamiento 0 mM Pro + 10 % PEG.

3.4. Contenido de prolina endógena

Los valores obtenidos indican que el contenido de prolina endógena en las hojas y raíces de las plántulas de *C. frutescens* aumentó significativamente en respuesta al tratamiento con PEG al 10 %, en comparación con los tratamientos en ausencia de estrés (Tabla 5). Esto sugiere que las plantas expuestas a la sequía inducida por el PEG aumentaron la síntesis de prolina como una respuesta de defensa al estrés hídrico. Además, se observó una diferencia significativa en la concentración de prolina endógena en las hojas y raíces de las plántulas de *C. frutescens* tratadas con prolina exógena. Es importante destacar que las plántulas, previamente tratadas con prolina exógena y posteriormente expuestas a estrés, presentaron el mayor contenido de prolina endógena.

4. DISCUSIÓN

El estrés por sequía redujo la tasa de supervivencia de las plántulas de chile, el contenido relativo de agua en los tejidos de hoja y raíz, clorofila total, así como un aumento en el porcentaje de fuga de electrolitos y el contenido de

prolina endógena en ambos tejidos. Esto se debe a que el potencial hídrico y la turgencia de la planta se reducen significativamente, lo que puede interferir con las funciones metabólicas de las plantas (Pandey *et al.*, 2019; Abobatta, 2020).

Jothimani y Arulbalachandran (2020) reportaron que el déficit hídrico inducido por PEG al 20 % en cultivo de tomate afecta críticamente la fotosíntesis, debido al incremento de especies reactivas de oxígeno (EOR), alterando el contenido de clorofila total, y daño en las membranas celulares. Mientras que Restrepo *et al.* (2013) demostraron que la pérdida de electrolitos puede indicar la integridad de las membranas celulares, y que las afectaciones se deben, principalmente, a la peroxidación de lípidos bajo condiciones de estrés, debido a las EOR que actúan sobre los radicales libres de los lípidos que conforman las membranas celulares en plantas de maíz expuestas a estrés abiótico.

A pesar de que los efectos de la sequía inducida por PEG al 10 % en *C. frutescens* fueron negativos, en las plántulas a las cuales se les aplicó un tratamiento previo con prolina a la concentración de 10 mM se observó una disminución en el impacto negativo del estrés. Esto conllevó a un aumento significativo en la tasa de supervivencia, el CRA del sistema radicular, y un decremento en el porcentaje de fuga de electrolitos, lo que sugiere que se mantuvo la integridad de la membrana celular, y la eficiencia de la fotosíntesis al presentar un incremento en el contenido de clorofila total, en comparación con las plantas no tratadas.

La prolina es considerada un aminoácido multifuncional bajo condiciones de estrés. Su acumulación en altas concentraciones está relacionada con la capacidad de brindar protección y participar en diversos procesos celulares, como la regulación osmótica, energética, disponibilidad de nutrientes y cambios en el equilibrio redox. La acumulación de este aminoácido bajo condiciones de deshidratación, como las plántulas expuestas a PEG, se debe a que el anabolismo de la Pro, principalmente en las hojas, se activa y el catabolismo es reprimido (Abobatta, 2020; Alvarez *et al.*, 2022; Hosseinifard *et al.*, 2022).

Es probable que la aplicación previa de prolina exógena en las plántulas de chile expuestas a sequía pudo haber activado mecanismos fisiológicos y bioquímicos que mejoraron su capacidad de tolerancia al estrés inducido por PEG, que permitieron un aumento en el contenido de clorofila, reducción de la fuga de electrolitos y mayor porcentaje de supervivencia. Semida *et al.* (2020) reportan un aumento de la clorofila en plantas de cebolla tratadas con prolina (1 – 2 mM) de manera foliar, indicando que uno de los mecanismos que puede estar relacionado con el aumento se debe a la protección de la estructura y función de los fotosistemas. Además, la prolina también puede actuar como un antioxidante, protegiendo las células de las especies reactivas de oxígeno al reducir el

daño en la membrana celular de los cloroplastos y la degradación de la clorofila (Ashraf *et al.*, 2018; Merwad *et al.*, 2018; Cha-um *et al.*, 2019).

Con respecto a la disminución en el porcentaje de fuga de electrolitos y el aumento en la concentración de prolina endógena, Farooq *et al.* (2017) reportaron que la aplicación foliar de osmoprotectores (prolina, ácido gamma-aminobutírico) en trigo redujo la peroxidación de lípidos de las membranas celulares, permitiendo una mayor estabilidad en la integridad de las membranas celulares; y que la prolina, aplicada exógenamente, mejoró el contenido de prolina endógena, bajo condiciones de estrés por sequía podría estar relacionado a un incremento en el contenido de los precursores de la prolina (ornitina, ácido glutámico y arginina).

CONCLUSIÓN

La aplicación previa de prolina exógena a una concentración de 10 mM tiene un efecto positivo en el porcentaje de supervivencia, electrolitos, contenido relativo de agua, clorofila y prolina en plantas de chile (*C. frutescens* expuestas a 10 % PEG en condiciones *in vitro*). Estos hallazgos podrían sentar las bases para investigar diferentes concentraciones de prolina y establecer la concentración óptima para mejorar el porcentaje de supervivencia en cultivo hidropónico bajo condiciones de estrés por sequía.

REFERENCIAS

- Abobatta**, W. F. (2020). *Plant Responses and Tolerance to Combined Salt and Drought Stress*. 17–52. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40277-8_2
- Alkahtani**, M. D. F., Hafez, Y. M., Attia, K., Rashwan, E., Husnain, L. Al, Algwaiz, H. I. M., & Abdelaal, K. A. A. (2021). Evaluation of Silicon and Proline Application on the Oxidative Machinery in Drought-Stressed Sugar Beet. *Antioxidants* 2021, Vol. 10, Page 398, 10(3), 398. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10030398>
- Alvarez**, M. E., Savouré, A., & Szabados, L. (2022). Proline metabolism as regulatory hub. *Trends in Plant Science*, 27(1), 39–55. <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2021.07.009>
- Ashraf**, M. A., Iqbal, M., Rasheed, R., Hussain, I., Perveen, S., & Mahmood, S. (2018). Dynamic Proline Metabolism: Importance and Regulation in Water-Limited Environments. *Plant Metabolites and Regulation under Environmental Stress*, 323–336. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812689-9.00016-9>
- Cha-um**, S., Rai, V., & Takabe, T. (2019). Proline, Glycinebetaine, and Trehalose Uptake and Inter-Organ Transport in Plants Under Stress. *Osmoprotectant-Mediated Abiotic Stress Tolerance in Plants*, 201–223. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27423-8_9
- de Freitas**, P. A. F., de Carvalho, H. H., Costa, J. H., Miranda, R. de S., Saraiva, K. D. da C., de Oliveira, F. D. B., Coelho, D. G., Prisco, J. T., & Gomes-Filho, E. (2019). Salt acclimation in sorghum plants by exogenous proline: physiological and biochemical changes and regulation of proline metabolism. *Plant Cell Reports*, 38(3), 403–416. <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02382-5>
- dos Santos**, T. B., Ribas, A. F., de Souza, S. G. H., Budzinski, I. G. F., & Domingues, D. S. (2022). Physiological Responses to Drought, Salinity, and Heat Stress in Plants: A Review. *Stresses*, 2(1), 113–135. <https://doi.org/10.3390/stresses2010009>
- Elewa**, T. A., Sadak, M. S., & Saad, A. M. (2017). Proline treatment improves physiological responses in quinoa plants under drought stress. *Bioscience Research*, 14(1), 21–33.
- Escalante-Magaña**, C. A. (2020). *Efecto del estrés salino (NaCl) sobre el metabolismo de la prolina (Pro) y el papel de este aa suplementado de manera exógena en plantas de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)* [Tesis que presenta Camilo Andrés Escalante Magaña, en opción al título de Doctorado en Ciencias (Ciencias Biológicas: Opción Bioquímica y Biología Molecular)] Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
- Food and Agriculture Organization**, FAOSTAT. (Retrieved April 24, 2023). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

- Farooq, M., Nawaz, A., Chaudhry, M. A. M., Indrasti, R., & Rehman, A.** (2017). Improving resistance against terminal drought in bread wheat by exogenous application of proline and gamma-aminobutyric acid. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203(6), 464–472. <https://doi.org/10.1111/JAC.12222>
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I.** (1950). Preparing the nutrient solution. *The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil*, 347, 29–31.
- Hosseinifard, M., Stefaniak, S., Javid, M. G., Soltani, E., Wojtyla, Ł., & Garnczarska, M.** (2022). Contribution of Exogenous Proline to Abiotic Stresses Tolerance in Plants: A Review. *International Journal of Molecular Sciences* 2022, Vol. 23, Page 5186, 23(9), 5186. <https://doi.org/10.3390/IJMS23095186>
- Inskeep, W. P., & Bloom, P. R.** (1985). Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N, N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant Physiology*, 77(2), 483–485. <https://doi.org/10.1104/pp.77.2.483>
- Jalil, S. U., & Ansari, M. I.** (2020). Stress implications and crop productivity. *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I: General Consequences and Plant Responses*, 73–86. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-2156-0_3
- Jothimani, K., & Arulbalachandran, D.** (2020). Physiological and biochemical studies of black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper) under polyethylene glycol induced drought stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29(June), 101777. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101777>
- la Cruz-Lázaro, D., Efraín de la Cruz-Lázaro, M., Márquez-Quiroz, C., Osorio-Osorio, R., Preciado-Rangel, P., y Márquez-Hernández, C.** (2017). Caracterización morfológica in situ de chile silvestre pico de paloma (*Capsicum frutescens*) en Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 27(2), 10–16. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1083>
- Merwad, A. R. M. A., Desoky, E. S. M., & Rady, M. M.** (2018). Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. *Scientia Horticulturae*, 228, 132–144. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2017.10.008>
- Pandey, A. K., Ghosh, A., Rai, K., Fatima, A., Agrawal, M., & Agrawal, S. B.** (2019). Abiotic Stress in Plants. *Approaches for Enhancing Abiotic Stress Tolerance in Plants*, 1–46. <https://doi.org/10.1201/9781351104722>
- Peñalba, D.** (2022). *Recursos Naturales y Ambiente* 41(22), 78–84. <https://orcid.org/0000-0002-0407-3712/>
- Restrepo, H., Gómez, M. I., Garzón, A., Alzate, F. y López, J.** (2013). Respuesta bioquímica de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes condiciones de temperaturas nocturnas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 252–262.

- Sahoo, S., Borgohain, P., Saha, B., Moulick, D., Tanti, B., & Panda, S. K. (2019).** Seed Priming and Seedling Pre-treatment Induced Tolerance to Drought and Salt Stress: Recent Advances. *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 253–263. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_12
- Semida, W. M., Abdelkhalik, A., Rady, M. O. A., Marey, R. A., & Abd El-Mageed, T. A. (2020).** Exogenously applied proline enhances growth and productivity of drought stressed onion by improving photosynthetic efficiency, water use efficiency and up-regulating osmoprotectants. *Scientia Horticulturae*, 272, 109580. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109580>
- Suekawa, M., Fujikawa, Y., & Esaka, M. (2019).** Exogenous proline has favorable effects on growth and browning suppression in rice but not in tobacco. *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2019.06.032>
- Taiwo, A. F., Daramola, O., Sow, M., & Semwal, V. K. (2020).** Ecophysiology and responses of plants under drought. *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I: General Consequences and Plant Responses*, 231–268. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2156-0_8
- Toppino, L., Prohens, J., Rotino, G. L., Plazas, M., Parisi, M., Carrizo García, C., & Tripodi, P. (2021).** *Pepper and Eggplant Genetic Resources*. 119–154. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30343-3_6
- Tripodi, P., & Kumar, S. (2019).** *The Capsicum Crop: An Introduction*. 1–8. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_1

Tabla 1*Efecto de la aplicación de prolina en Capsicum frutescens bajo sequía por PEG*

Tratamientos		% Supervivencia
% PEG	[mM Pro]	
0	0	100 ^{Aa}
	10	100 ^{Aa}
10	0	40 ^{Bc}
	10	80 ^{Ab}

Nota. Letras mayúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa dentro de un mismo tratamiento (% PEG); mientras que, letras minúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa entre tratamientos LSD ($P \leq 0.05$)

Tabla 2*Contenido de clorofila total en Capsicum frutescens expuestas a sequía*

Tratamientos		Clorofila ($\mu\text{g/mL}$)
% PEG	[mM Pro]	
0	0	19.03 ^{Bb} \pm 1.4
	10	28.96 ^{Aa} \pm 2.1
10	0	6.05 ^{Bd} \pm 1.7
	10	13.14 ^{Ac} \pm 2.9

Nota. Letras mayúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa dentro de un mismo tratamiento (% PEG); mientras que, letras minúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa entre tratamientos LSD ($P \leq 0.05$)

Tabla 3*Contenido relativo de agua (CRA) en plántulas de Capsicum frutescens bajo condiciones de sequía*

Tratamientos		% parte aérea	% sistema radicular
% PEG	[mM Pro]		
0	0	86.80 ^{Aa} \pm 1.3	85.32 ^{Aa} \pm 1.2
	10	85.95 ^{Aa} \pm 0.9	85.34 ^{Aa} \pm 1.6
10	0	80.46 ^{Ab} \pm 5.2	55.90 ^{Bc} \pm 2.6
	10	82.44 ^{Ab} \pm 1.4	77.63 ^{Ab} \pm 2.6

Nota. Letras mayúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa dentro de un mismo tratamiento (% PEG); mientras que, letras minúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa entre tratamientos LSD ($P \leq 0.05$)

Tabla 4
Porcentaje de fuga de electrolitos en plántulas de *Capsicum frutescens* expuestas a sequía

Tratamientos		% parte aérea	% sistema radicular
% PEG	[mM Pro]		
0	0	14.87 ^{Ac} ±2.6	31.16 ^{Ac} ±2.4
	10	12.31 ^{Ac} ±1.1	30.88 ^{Ac} ±1.1
10	0	58.47 ^{Aa} ±0.9	72.96 ^{Aa} ±3.9
	10	43.91 ^{Bb} ±3.0	51.81 ^{Bb} ±3.6

Nota. Letras mayúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa dentro de un mismo tratamiento (% PEG); mientras que, letras minúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa entre tratamientos LSD ($P \leq 0.05$)

Tabla 5
Contenido de prolina endógena en plántulas de *Capsicum frutescens* expuestas a sequía

Tratamientos		Hoja (μ moles Pro-gPF/mL)	Raíz (μ moles Pro-gPF/mL)
% PEG	[mM Pro]		
0	0	33.52 ^{Bd} ±1.4	29.77 ^{Bd} ±4.9
	10	57.06 ^{Ac} ±3.2	37.16 ^{Ac} ±2.6
10	0	168.87 ^{Bb} ±2.3	99.17 ^{Bb} ±3.1
	10	212.38 ^{Aa} ±11.8	129.03 ^{Aa} ±4.5

Nota. Letras mayúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa dentro de un mismo tratamiento (% PEG); mientras que, letras minúsculas distintas indican una diferencia estadística significativa entre tratamientos LSD ($P \leq 0.05$)

Evaluación de egresados de una facultad de Medicina Humana a través de resultados en el EGEL y puntaje ENARM

Evaluation of graduated students from the School of Medicine through the EGEL results and ENARM score

Sonia Rosa Roblero Ochoa • sroblero1504@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-5175-8362

Tomasa de los Ángeles Jiménez Pirrón • angeles_pirron@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-6969-7569

Zally Patricia Mandujano Trujillo • zallym@hotmail.es
ORCID: 0000-0002-0691-7632

Rosa Martha Velasco Martínez • oro_vel@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-2339-7405

Itzel Castro Padilla • itz_castro@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-1219-0855

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA DR. MANUEL VELASCO SUÁREZ C-II,
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS. TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Roblero Ochoa, S. R., Jiménez Pirrón, T. de los Ángeles, Mandujano Trujillo, Z. P., Velasco Martínez, R. M., & Castro Padilla, I. Evaluación de egresados de una facultad de Medicina Humana a través de resultados en el EGEL y puntaje ENARM. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(34). <https://doi.org/10.31644/IMASD.34.2023.a04>

RESUMEN

El EGEL-Medicina y el ENARM, permiten inferir el desempeño de los egresados y también la calidad educativa de las instituciones que los forman. Este trabajo tiene como objetivo, describir el desempeño de los universitarios egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas en la licenciatura de Medicina Humana en las evaluaciones EGEL en los años 2018-2019 y ENARM en los años 2016-2020, a través de un estudio transversal, con una muestra por conveniencia de 997, de los cuales 70.11% correspondió a egresados del plan de estudio 1993 y el resto (29.89%) al plan 2013. Se procesaron los reportes nacionales otorgados por CENEVAL (2018-2019), CIFHRS (2016-2020) y los registros institucionales para titulación. Los resultados obtenidos reflejan que en el EGEL-Medicina, 95.6% de los egresados obtuvieron un desempeño satisfactorio, y el resto sobresaliente, quienes obtuvieron promedios superiores a 8.5 en la licenciatura (56.9%). El área de diagnóstico médico fue el de mejor desempeño (90.4% obtuvo dictamen satisfactorio). Con lo que respecta al ENARM, el porcentaje de aceptados se incrementó en 10% en el último registro. Los egresados con promedios más altos en la licenciatura son quienes logran obtener los dictámenes sobresalientes en el EGEL-medicina. La UNACH ha descendido en el ranking nacional en el ENARM, así como sus puntajes. La media del promedio en el ENARM obtenido por los egresados de la UNACH en los años 2016 a 2020 es ligeramente mayor que el nacional (61.3 vs 60.7).

Palabras Clave:

Evaluación educativa; competencias clínicas; educación médica.

— Abstract—

The EGEL-Medicine and the ENARM allow us to infer the performance of the graduates and the educational quality of the institutions that form them. The purpose of this article to describe the performance of university graduates of the Universidad Autónoma de Chiapas in the Human Medicine degree in the EGEL evaluations in the years 2018-2019 and ENARM in the years 2016-2020. Cross-sectional study, with a convenience sample of 997, of which 70.11% corresponded to graduates of the 1993 curriculum and the rest (29.89%) to the 2013 plan. National reports issued by CENEVAL (2018-2019), CIFHRS (2016-2020) and institutional records for titling were processed. In the EGEL-Medicine, 95.6% of the graduates obtained a satisfactory performance, and the rest outstanding, who obtained averages greater than 8.5 in the degree (56.9%). The area of medical diagnosis was the best performing (90.4% obtained a satisfactory opinion). With regard to ENARM, the percentage of those accepted increased by 10% in the last registration. Conclusions: The graduates with higher averages in the bachelor's degree are the ones who manage to obtain the outstanding opinions in the EGEL-medicine. UNACH has fallen in the national ranking in the ENARM, as well as its scores. The average of the ENARM average obtained by UNACH graduates in the years 2016 to 2020 is slightly higher than the national one (61.3 vs 60.7).

Keywords:

Educational measurement; clinical competences; medical education.

México es uno de los países con mayor número de escuelas de Medicina humana, al 2018, se contabilizaron 160 universidades (Heinze *et al*, 2018), de las cuales solo 80 han sido acreditadas (COMAEM, 2021). En los últimos años, el número de egresados de esta licenciatura ha aumentado considerablemente, pese a ello, México aún se encuentra por debajo de la media de los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), con 2.5 médicos por 1000 habitantes (o menos, según zona geográfica). El número de especialistas también es menor al de otros países (119 por cada 100,000 habitantes). El proceso de especialización médica es regulado por la Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos (CIFRHS) quien, mediante el Examen Nacional de Aspirantes a Residencias Médicas (ENARM), selecciona a los médicos para realizar una especialidad médica (aproximadamente 17,000 en 2020 y 2021).

Cada año, cierta cantidad de médicos dejan de prestar sus servicios por diversas causas, esto justifica la necesidad de formar a nuevos médicos que ocupen estos lugares. Pese a ello, son pocos los mecanismos establecidos para la regulación de la formación del personal de salud, que deben abarcar desde el plan de estudios de las universidades, el número de egresados y la cantidad de plazas disponibles para especializarse. Dentro de los instrumentos que nos permiten comparar el desempeño de los egresados en medicina a nivel nacional encontramos al Examen General de Egreso de la Licenciatura en Medicina (EGEL-Medicina) y el ENARM. El Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Médica (COMAEM) ha propuesto la unificación de criterios en el funcionamiento y evaluación de las escuelas y facultades de medicina de nuestro país, sin embargo, unificar los programas de las universidades nacionales es una meta distante.

Ambos exámenes han sido considerados de utilidad para la medición del conocimiento y/o aptitud de un médico, el EGEL se propone como un medio para determinar si el egresado cuenta con los conocimientos y aptitudes básicas para su desempeño como médico general (López *et al*, 2015) y el ENARM, como un instrumento de selección para aquellos que desean realizar una especialidad médica (Guerrero *et al*, 2016). No existe una metodología exacta descrita en la literatura mexicana para determinar la calidad de los conocimientos y la aptitud en egresados médicos. Se ha utilizado por otras instituciones en la formación médica del país al examen profesional o al Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECO) como herramientas de mayor objetividad, sin embargo, no se cuenta con información disponible en la literatura nacional sobre que instituciones aplican dichos exámenes ni de los resultados de sus egresados en ellos, siendo el EGEL y el ENARM los test de uso predominante de acuerdo a lo observado,

elaborado por externos, estandarizados, permitiendo así, el análisis comparativo entre instituciones (Flores *et al*, 2012).

Los exámenes EGEL-Medicina y ENARM, nos permiten realizar un análisis en el desempeño de los egresados, pese a que hay competencias que no pueden evaluarse a profundidad de esta forma, como las destrezas o habilidades, pero pueden ayudar a establecer áreas de mejora para la calidad de las instituciones que imparten la licenciatura en medicina (Flores *et al*, 2001). Determinar la calidad de la institución educativa formadora y las competencias de sus egresados es de vital importancia para garantizar la formación adecuada de los profesionales de la salud, permitiendo a los egresados mejores oportunidades de trabajo a futuro y mayor calidad en los servicios de salud para los usuarios. Los instrumentos por analizar solo evalúan los conocimientos de los egresados (los exámenes por analizar presentan el rendimiento de los egresados únicamente en lo que respecta a conocimientos), pero permiten inferir debilidades o fortalezas en los planes y programas de estudio institucionales. De acuerdo con esto, el presente análisis resume los hallazgos relacionados a promedio general de la licenciatura, desempeño en el EGEL-Medicina durante los años 2018-2019 y el ENARM de los años 2016 a 2020, de los egresados de la Facultad de Medicina Humana C-II de la UNACH.

EGEL-MEDICINA Y ENARM

La Secretaría de Educación Pública (SEP), acorde al Diario Oficial de la Federación en su acuerdo 286, a partir del 2000, estableció al Examen General para el Egreso de la Licenciatura (EGEL) por el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL) como un medio de titulación en México. Dicha evaluación es aplicada a nivel nacional y busca evaluar los conocimientos esenciales en la licenciatura para el ejercicio de la profesión. El examen está conformado por 193 reactivos de opción múltiple y comprende las siguientes áreas:

- Promoción de la salud y prevención de riesgos
- Atención médica: Diagnóstico médico
- Atención médica: Tratamiento y evaluación
- Sociomedicina

Los resultados son clasificados en tres niveles de desempeño: un no satisfactorio (ANS), satisfactorio (DS) y sobresaliente (DSS). Para considerar que se ha aprobado el examen, el sustentante debe obtener al menos tres áreas con desempeño satisfactorio o sobresaliente (desempeño satisfactorio). También puede ser que de las cuatro áreas, obtenga al menos dos con

desempeño sobresaliente y las restantes con desempeño satisfactorio (Desempeño sobresaliente). A nivel nacional, las áreas de mejor desempeño (sobresaliente) son diagnóstico médico y promoción de la salud.

En el caso de la UNACH, el Reglamento Interno de Evaluación Profesional para los egresados de la Facultad de Medicina Humana de la UNACH, aprobado por el H. Consejo Universitario en sesión celebrada el 11 de octubre del 2001 señala que las opciones para obtener el título son:

- Reconocimiento al mérito académico.
- Reconocimiento al mérito académico con felicitación por escrito o mención honorífica.
- Evaluación mediante tesis (investigación).
- Evaluación de conocimientos generales.
- Evaluación mediante asistencia técnica supervisada.
- Evaluación mediante examen general de egreso (EGEL-CENEVAL).

Los alumnos con promedio de licenciatura superior a 9 se titulan por reconocimiento al mérito académico. Los que eligen presentar la opción de titulación mediante el EGEL-Medicina, tienen promedios inferiores a nueve. Los informes anuales del EGEL están disponibles en línea desde el 2016, aunque en el caso de la Universidad Autónoma de Chiapas, los resultados de sus sustentantes son reportados en conjunto para los dos campus: el II, ubicado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y el IV, en Tapachula, Chiapas. Este dato puede repercutir de gran manera en la evaluación de esta institución, ya que dichas facultades cursan con procesos de acreditación diferentes al momento de redacción de este artículo. Los datos de este estudio corresponden únicamente al Campus II.

La Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud (CIFRHS), es el organismo encargado de regular el ingreso a los programas de especialización médica en México. Conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SSA3-2012 para la organización y funcionamiento de residencias médicas, los médicos son seleccionados por el ENARM, el cual es de aplicación anual de acuerdo con la convocatoria emitida. La aprobación de este examen no garantiza el ingreso, puesto que cada hospital puede establecer sus criterios de selección.

Por lo que el objetivo del presente estudio fue describir el desempeño de los universitarios egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas en la licenciatura de Medicina Humana en las evaluaciones EGEL en los años 2018-2019 y ENARM en los años 2016-2020.

METODOLOGÍA

El universo correspondió a los egresados de la Facultad de Medicina Humana Dr. Manuel Velasco Suárez, C-II de la UNACH. La muestra fue seleccionada por conveniencia y conformada por el total de alumnos que obtuvieron dictamen aprobatorio en la evaluación EGEL, y se titularon durante el periodo 2018-2019, siendo un total de 997 egresados.

El instrumento de captura fue de elaboración propia, considerando como aprobados a aquellos con puntajes comprendidos en cada área de la evaluación de acuerdo con la escala proporcionada por CENEVAL:

- No satisfactorio (S) 700-999 puntos
- Satisfactorio (TDS) 1000-1049 puntos
- Sobresaliente (TDSS) 1150-1300 puntos

Además, se presenta un análisis de los promedios obtenidos en el ENARM por los egresados de medicina de la UNACH. Estos datos fueron obtenidos a partir de los reportes académicos presentados por CIFHRS desde el 2016 al 2020, aclarando que, estos no corresponden a quienes presentaron el EGEL, tratándose de un análisis diferente. Los datos fueron capturados en hojas de cálculo de Excel para después ser procesados con el programa estadístico SPSS versión 25.

RESULTADOS

Se recopilaron los datos de 997 egresados que alcanzaron la calificación aprobatoria en el EGEL-Medicina, en un rango de edad de 23 a 35 años, con una media de 27.80 y una desviación estándar de 1.505. El 51.1% (509) de la muestra son hombres, y 48.9% (488), mujeres. Del total de la muestra, 70.11% correspondió a egresados del plan de estudio 1993 y el resto (29.89%) al plan 2013.

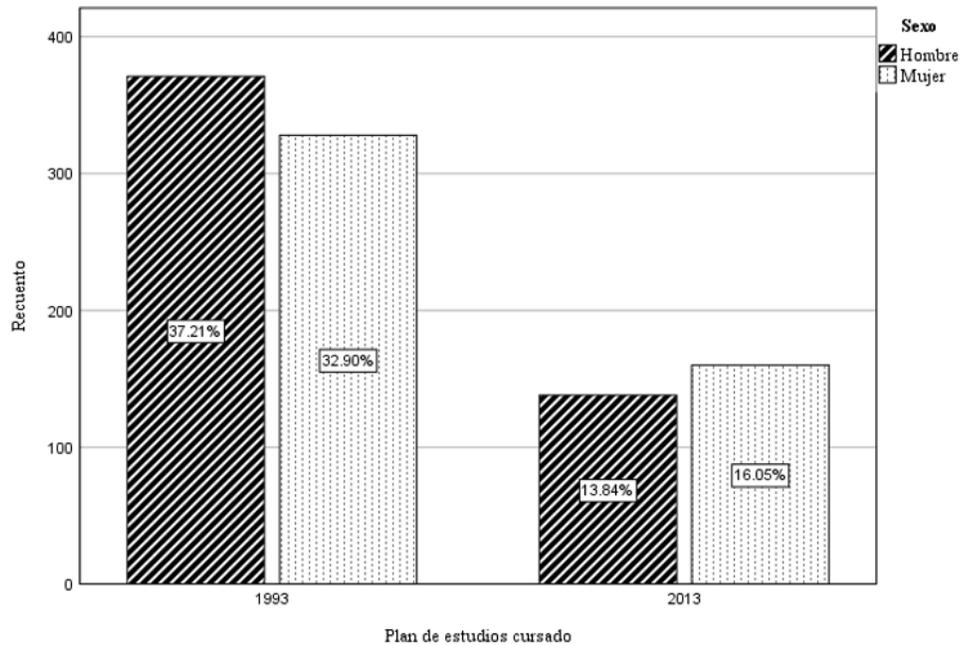


Figura 1. Distribución del total de egresados respecto al plan de estudios y el sexo. Fuente: Elaboración a partir de archivos institucionales del Departamento de Titulación. Facultad de Medicina Humana "Manuel Velasco Suárez, Campus II UNACH

Respecto al año de titulación, el 75.1% (749) de los egresados se titularon en 2019, 24.9% (248) en 2018.

Los promedios obtenidos durante la licenciatura para ambos planes de estudio se ubicaron en un rango de 7.45 a 8.99, con una media de 8.5305 y una desviación estándar de 0.26059.

Tabla 1

Promedio general de los egresados

	Frecuencia	Porcentaje (%)
7.00 a 7.50	1	0.1
7.51 a 8.00	29	2.9
8.01 a 8.50	400	40.1
8.51 a 9.00	567	56.9
Total	997	100

Fuente: Elaboración a partir de archivos institucionales del Departamento de Titulación. Facultad de Medicina Humana "Manuel Velasco Suárez, Campus II UNACH

La tabla 1 agrupa por rangos de promedio de los egresados, observándose que el grupo de mayor frecuencia (56.9%) fueron los que obtuvieron

durante la licenciatura un promedio entre 8.51 a 9.0 (567), seguida del rango entre 8.01 a 8.50, con un 40.1% (400).

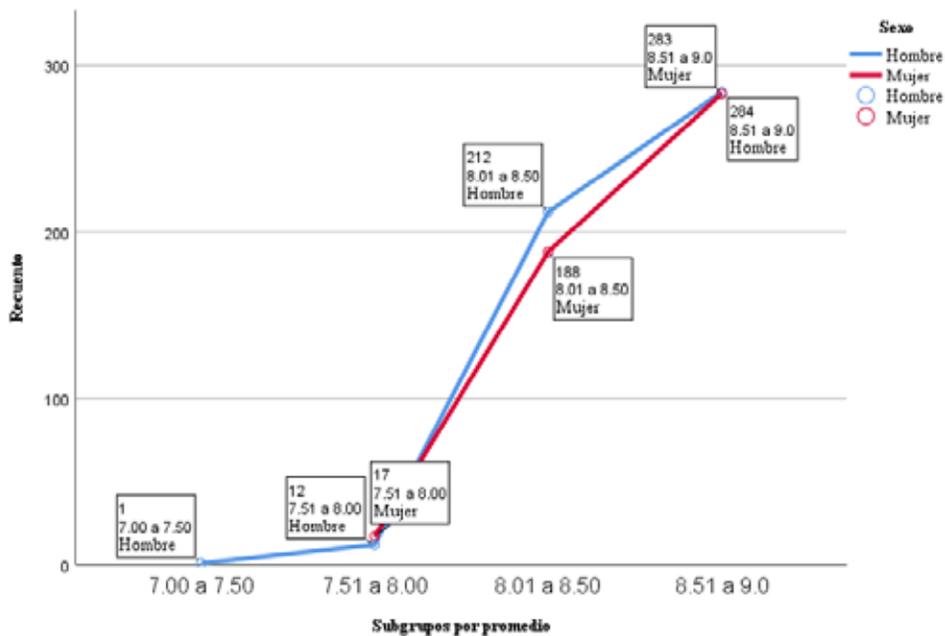


Figura 2. Promedio de los egresados de acuerdo con el sexo. Fuente: Elaboración a partir de archivos institucionales del Departamento de Titulación. Facultad de Medicina Humana "Manuel Velasco Suárez, Campus II UNACH

La figura 2 muestra que, de acuerdo con el promedio, los de menor calificación (7.1 a 8.0) corresponde a 30 egresados, de los cuales 17 son mujeres, en los siguientes grupos, la proporción hombre vs mujer fue equiparable. Respecto al dictamen obtenido en el EGEL-Medicina, 95.6% de los egresados presentaron un desempeño satisfactorio, 4.4% de los estudiantes presentaron un desempeño sobresaliente.

Tabla 2
Relación de promedio de egreso, resultado EGEL-Medicina y Plan de Estudios

Promedio	Plan de estudio	Dictamen CENEVAL				Total
		Satisfactorio	*% total del grupo	Sobresaliente	*% total del grupo	
7.00 a 7.50	1993	1	0.14	0	0.00	1
	2013	0		0	0.00	
7.51 a 8.00	1993	24	3.43	1	0.14	25
	2013	4	1.34	0	0.00	
8.01 a 8.50	1993	272	38.91	10	1.43	282
	2013	112	37.58	6	2.01	
8.51 a 9.00	1993	378	54.08	13	1.86	391
	2013	162	54.36	14	4.70	
Total	1993	675	96.57	24	3.43	699
	2013	278	93.29	20	6.71	
	Total	953	95.59	44	4.41	997

* Los porcentajes presentados se calcularon respecto al total del plan de estudios, correspondiendo al 1993 (699) y al 2013 (298) respectivamente.

Fuente: Elaboración a partir de archivos institucionales del Departamento de Titulación. Facultad de Medicina "Dr. Manuel Velasco Suárez, Campus II. UNACH

La tabla 2 muestra la distribución de los egresados respecto a plan de estudios y dictamen obtenido en el EGEL-Medicina. De los egresados del plan de estudios 1993, el 96.56% (675) fue satisfactorio y 3.43% (24) sobresaliente. En el plan de estudios 2013, los egresados con dictamen satisfactorio fue 93.29% (278) y 6.71% (44) sobresaliente.

Tabla 3
Resultados globales por áreas evaluadas en el EGEL-Medicina

	Promoción a la salud		Diagnóstico médico		Tratamiento y evolución		Sociomedicina	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No satisfactorio	345	34.6	60	6	19	1.9	50	5
Satisfactorio	622	62.4	901	90.4	760	76.2	794	79.6
Sobresaliente	29	2.9	31	3.1	217	21.8	153	15.3
Total	996	99.9	992	99.5	996	99.9	997	100
Perdidos	1	0.1	5	0.5	1	0.1		

Fuente: Elaboración a partir de archivos institucionales del Departamento de Titulación. Facultad de Medicina "Dr. Manuel Velasco Suárez, Campus II. UNACH

En cuanto a las áreas evaluadas en el examen, se observó que *diagnóstico médico* es la de mejor desempeño en los egresados (90.4%) seguida de *tratamiento y evolución* (76.2%), ambos con dictamen satisfactorio. Sin embargo, es el área de *tratamiento y evolución* en la cual los egresados alcanzan mayor número de dictámenes sobresalientes (21.8%). El área de *promoción a la salud* es el de menor desempeño de dictámenes no satisfactorios.

ENARM

A partir de la base de datos abiertos disponibles, se obtuvieron los registros en cuanto a número de sustentantes por Facultades y Escuelas de Medicina en el periodo comprendido entre 2016-2020.

Tabla 4

Resultados en el ENARM durante el periodo 2016-2020 de los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas

Año	Lugar Ranking Nacional	Sustentantes	Aceptados	Promedio de calificación	Promedio nacional	% de aceptados
2016	34	609	113	62.347	76.06	18.56
2017	50	758	134	62.78	62.05	17.68
2018	45	794	154	63.22	62.1	19.4
2019	67	968	172	60.054	60.13	17.77
2020	66	1028	344	58.5	58.3	33.46

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de los reportes académicos anuales CIFRHS (2016-2020)

Las universidades mexicanas que sus egresados aplicaron el ENARM durante los años 2016 y 2017, fueron 114; mientras que en el 2018 se registraron 122. En el 2019 participaron 131 y en 2020 se incrementó a 136. No todos los egresados de las universidades nacionales presentan el ENARM de manera anual. La tabla 4 señala que la UNACH ha bajado en el ranking nacional de universidades (si bien, el número de universidades aumenta año a año) el promedio alcanzado en el ENARM también ha descendido. El porcentaje de alumnos aceptados se incrementó en más de 10 puntos porcentuales en el último registro.

Tabla 5
Ranking de universidades mexicanas por promedio obtenido por los aspirantes aceptados en el ENARM durante el período 2016-2020

Lugar	Institución	2020	2019	2018	2017	2016	Promedio
1	Univ. Panamericana	69.76	74.498	76.7	77.02	73.46	74.2876
2	ITESM. - Campus Cdmx	65.93	68.622	70.75	69.4	68.348	68.61
3	Univ. Aut. De Querétaro	63.58	66.241	67.98	70.93	68.371	67.4204
4	Univ. La Salle	63.72	66.873	69.22	69.13	67.779	67.3444
5	Univ. De Guanajuato	63.48	66.193	68.59	69.47	65.106	66.5678
6	Univ. Aut. De B.C., U. Mexicali	62.32	65.865	67.95	68.87	66.177	66.2364
7	Univ. Aut. De Coahuila, U. Saltillo	62.72	64.901	69.27	68.34	65.87	66.2202
8	Univ. Aut. De Aguascalientes	62.85	66.781	67.93	67.52	65.739	66.164
9	Univ. Aut. De Coahuila, U. Torreón	63.02	65.168	68.43	68.24	65.924	66.1564
10	Univ. Aut. De Chihuahua	61.96	64.711	67.54	67.81	66.419	65.688
11	Univ. Aut. De B.C., U. Tijuana	62.27	64.717	67.39	68.2	65.614	65.6382
12	Univ. Aut. De Nuevo León	61.39	63.88	66.04	69.05	67.509	65.5738
13	Univ. De Guadalajara, U. Los Altos	61.76	62.786	65.22	67.24	68.669	65.135
14	Univ. Aut. De Yucatán	62.14	64.952	65.96	66.43	65.269	64.9502
15	Univ. Aut. Del Edo. De México	62.1	63.722	66.51	66.4	64.965	64.7394
16	Univ. Aut. De San Luis Potosí	64.07	68.144	70.09	61.76	59.602	64.7332
17	Univ. De Sonora	62.37	64.056	66.52	66.69	62.954	64.518
18	UNAM FM CU	61.67	63.935	65.85	65.77	64.409	64.3268
19	Univ. Cuauhtemoc - Plantel San Luis Potosi	60.11	64.639	67.3	66.43	62.183	64.1324
20	Univ. De Guadalajara	61.8	64.1	66.18	64.3	64.123	64.1006
21	Univ. De Monterrey	62	65.31	66.56	67.51	58.85	64.046
22	Univ. Aut. De B.C., U. Ensenada	60.96	61.996	65.27	64.88	64.81	63.5832
23	Univ. De Guadalajara, U. Cd. Guzmán	59.75	63.901	63.6	65.02	64.238	63.3018
24	Univ. De Colima	61.14	62.059	63.98	63.8	64.922	63.1802
25	Univ. Del Valle De México - Campus Hermosillo	57.62	60.048	61.66	64.93	71.556	63.1628
26	Univ. Aut. De Hidalgo	60.16	61.673	63.63	65.7	63.531	62.9388
27	Univ. Aut. De Nayarit	59	61.305	63.64	66.48	64.254	62.9358
28	Univ. Anáhuac	59.98	62.249	64.09	64.57	62.675	62.7128
29	Univ. Cuauhtémoc - Campus Aguascalientes	58.64	62.571	65.12	63.81	62.539	62.536
30	Univ. Las Américas Puebla	60.18	61.257	65.05	65.23	60.794	62.5022
31	Univ. De Celaya	59.36	61.098	63.69	65.5	62.641	62.4578
32	Univ. Aut. De Morelos	60.26	62.981	65.4	62.67	60.409	62.344
33	Univ. De Guadalajara Centro Universitario De La Costa	58.77	61.161	63.75	64.77	61.909	62.072

34	Univ. Mich. De San Nicolás De Hidalgo (Zamora)	59.67	62.294	63.55	62.86	61.333	61.9414
35	Univ. Aut. Metropolitana, U. Xochimilco	60.09	61.538	63.1	63.47	61.075	61.8546
36	Univ. Latina De México	58.62	60.903	62.72	63.66	63.36	61.8526
37	Univ. Montemorelos	59.26	59.922	63.61	64.77	61.131	61.7386
38	Esc. Médico - Militar Sedena	60.22	64	55.56	66.56	62.148	61.6976
39	Univ. Aut. De B.C. - Campus Valle De Las Palmas	59.4	61.43	64.22	62.7	60.576	61.6652
40	Univ. Aut. De Cd. Juárez	58.83	60.994	63.03	63.43	61.701	61.597
41	IPN Esc. Sup. Medicina	59.25	61.117	62.74	62.8	61.629	61.5072
42	Univ. Veracruzana, U. Cd. Minatitlán	59.22	61.324	62.03	62.77	62.055	61.4798
43	Univ. Del Valle De México, Campus Qro	57.88	60.649	63.14	63.48	61.971	61.424
44	Universidad Autónoma de Chiapas	58.5	60.054	63.22	62.78	62.347	61.3802
45	Centro Est. Univ. Xochicalco, U. Tijuana	59.4	61.482	63.26	62.48	60.113	61.347
46	Univ. Aut. De Zacatecas	58.94	60.723	62.47	62.36	62.047	61.308
47	Univ. Aut. De Guadalajara	58.51	61.148	63.7	62.1	61.025	61.2966
48	Univ. Veracruzana, U. Poza Rica	57.36	59.725	62.95	63.47	62.845	61.27
49	Univ. Popular Aut. Del Edo. Puebla	58.72	60.801	62.72	62.38	61.576	61.2394
50	Univ. Juárez Del Edo. Durango, U. Gómez Palacio	59.21	59.608	62.94	63.07	61.347	61.235
51	Univ. Del Mayab	59.62	62.326	62.73	63.86	57.213	61.1498
52	Univ. Del Valle De México - Campus Zapopan	58.32	60.781	62.25	63.45	60.925	61.1452
53	UNAM Fes Iztacala	58.91	60.666	62.66	61.87	60.242	60.8696
54	Univ. Veracruzana, U. Veracruz	58.66	60.089	60.94	63.19	61.242	60.8242
55	Univ. Veracruzana, U. Xalapa	59.32	60.388	61.83	61.71	60.762	60.802
56	Univ. La Salle - Campus Cd. Victoria	58.14	60.026	61.34	62.36	59.923	60.3578
57	Univ. Del Valle De Atemajac	57.28	61.126	62.25	62.32	58.508	60.2968
58	UNAM Fes Zaragoza	59.14	59.818	61.7	61.09	59.661	60.2818
59	Univ. Juárez Del Edo. Durango, U. Durango	57.97	59.986	62.34	61.6	59.346	60.2484
60	Univ. Aut. De Campeche	58.48	58.957	62.34	60.89	59.516	60.0366
61	Univ. De Quintana Roo	57.69	57.738	59.59	60.45	64.591	60.0118
62	Univ. Aut. Benito Juárez De Oaxaca	58.11	59.515	60.65	60.9	59.547	59.7444
63	Univ. Aut. De Tamps, U. Matamoros	55.71	57.42	60.16	63.52	61.788	59.7196
64	Univ. Aut. De Durango - Campus Zacatecas	55.94	57.093	59.06	64.23	62.25	59.7146
65	Univ. Aut. De Sinaloa	56.77	60.326	62.34	60.42	58.034	59.578
66	B. Univ. Aut. Puebla (Puebla)	58.09	59.129	60.9	60.04	59.394	59.5106

67	Univ. De Durango - Campus Cd. Juarez	52.35	56.938	58.52	65.86	63.416	59.4168
68	Univ. Cuauhtemoc - Plantel Guadalajara	56.36	57.625	62.02	63.59	57.333	59.3856
69	Univ. Aut. De Tamps, U. Tampico	58.33	61.367	63.43	56.89	56.553	59.314
70	Univ. Guadalajara Lamar - Campus Vallarta	56.96	58.994	59.06	60.78	60.72	59.3028
71	Centro Est. Univ. Xochicalco, U. Ensenada	56.36	58.18	61.2	61.16	59.469	59.2738
72	Univ. West Hill Institute S.C.	56.62	58.193	60.48	61.75	58.993	59.2072
73	Univ. Aut. De Guerrero	55.48	57.011	58.87	62.91	61.631	59.1804
74	Univ. Mich. De San Nicolás De Hidalgo (Morelia)	57.74	59.26	60.99	59.89	57.954	59.1668
75	B. Univ. Aut. Puebla (Tehuacán)	58.21	58.443	60.97	58.52	59.629	59.1544
76	Centro Est. Univ. Xochicalco Campus Mexicali	59.33	62.873	65.31	59.45	48.444	59.0814
77	Univ. Del Valle De México - Campus Cd. Reynosa	57.75	58.442	61.2	60.59	56.064	58.8092
78	Univ. Veracruzana, U. Cd. Mendoza	57.24	58.436	59.78	59.11	59.461	58.8054
79	Univ. Del Valle De México - Campus Cd. Victoria	55.9	58.047	58.1	57.8	63.627	58.6948
80	Univ. Guadalajara Lamar - Campus Inglaterra	56.95	59.108	61	56.48	59.737	58.655
81	Univ. Del Noreste	55	56.541	59.48	59.59	62	58.5222
82	Univ. Aut. De Guadalajara, Campus Tabasco	57.16	58.608	61.46	58.27	57.085	58.5166
83	Univ. Vasco De Quiroga - Campus Santa Maria	56.9	59.845	60.23	58.92	56.61	58.501
84	Ipn Esc. Nal. Med. Y Homeopatía	57.29	57.786	59.83	59.65	57.919	58.495
85	Univ. Quetzalcóatl De Irapuato	56.52	57.693	60.25	59.73	58.005	58.4396
86	Estudios En El Extranjero	55.65	58.017	59.51	58.87	58.664	58.1422
87	Univ. Regional Del Sureste	56.71	57.687	59.72	58.51	57.865	58.0984
88	Univ. Cristobal Colon - Veracruz	55.29	57.118	60.77	58.76	58.045	57.9966
89	Ipn Centro Interdisciplinario De C. Salud	57	57.173	59.25	58.96	57.17	57.9106
90	Univ. Latinoamericana	56.33	57.07	58.75	58.72	58.15	57.804
91	Univ. Del Valle De México - Campus Saltillo	55.49	55.454	59.07	60.29	57.825	57.6258
92	Univ. Del Valle De México - Campus Villahermosa	52.97	56.489	61.77	59.2	57.246	57.535
93	Univ. Aut. De Tlaxcala	55.17	55.452	57.62	61.43	57.907	57.5158
94	Univ. Olmeca	53.37	55.051	55.48	58.97	60.067	56.5876
95	Univ. Justo Sierra	54.6	55.371	58.53	58.37	56.049	56.584
96	Univ. Juárez Aut. De Tabasco	54.17	55.918	58.12	57.27	55.78	56.2516
97	Univ. Juárez Aut. De Tabasco División Académica	53.82	54.293	57.24	55.9	59.644	56.1794
98	Univ. Aut. De Durango - Campus Durango	53.59	55.012	55.76	58.02	55.948	55.666

99	Esc. Med. Tominaga Nakamoto	53.22	54.583	57.28	56.23	55.322	55.327
100	Inst. Est. Superiores De Chiapas -Campus Tuxtla Gutierrez	54.01	55.011	56.53	54.93	54.26	54.9482
101	Univ. Aut. España De Durango	55.07	52.973	57.12	56.43	52.042	54.727
102	Univ. México-Americana Del Norte	52.76	53.358	55.23	55.17	55.395	54.3826
103	Inst. de Ciencias y Estudios Sup. De Tamaulipas	51.72	53.628	55.28	56.41	54.728	54.3532
104	Inst. Est. Superiores De Chiapas -Campus Tapachula	52.66	51.564	54.05	54.22	54.744	53.4476
105	Inst. Est. Superiores Tepeaca	53.16	54.432	53.86	54.08	50.749	53.2562
106	Univ. Hipócrates	52.02	51.844	52.82	54.34	55.022	53.2092
107	Esc. Libre De Homeopatía De México	52.85	51.569	53.62	54.39	50.597	52.6052

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de los reportes académicos anuales CIFRHS (2016-2020)

Para la tabla 5 se tomaron en cuenta únicamente a aquellas universidades con datos disponibles para los años mencionados, ascendiendo el total a 107 (de 136). Al realizar el análisis global, el máximo correspondió a 74.28 y el mínimo a 52.60, con un rango de 21.68, media de 60.75, varianza de 13.14 y desviación estándar de 3.6.

La Universidad Autónoma de Chiapas ocupa el lugar número 44 de acuerdo con el promedio obtenido en los años analizados en el ENARM. El promedio máximo obtenido en ese periodo correspondió a 63.22 y el mínimo a 58.5, con una media de 61.38, rango de 4.72, varianza de 3.26 y una desviación estándar de 1.80.

DISCUSIÓN

De la misma forma que Guerrero, Romero y Noriega (2015), la población masculina en nuestro estudio fue mayor que la femenina, caso contrario al reporte nacional para el EGEL-Medicina 2018 y 2019. Respecto al promedio de egreso de la licenciatura, el reporte nacional en el 2018 señaló que, 66% y en el 2019 el 68% de los sustentantes, obtuvo un promedio comprendido entre 8.0 y 9.0, a diferencia de este estudio, donde el 97% de la muestra obtuvo promedios en este mismo rango. Respecto al dictamen obtenido en el EGEL-Medicina, 95.6% de los egresados presentaron un desempeño satisfactorio, cifra superior al porcentaje nacional (47.6% en 2018 y 53.3% en 2019), 4.4% de los estudiantes presentaron un desempeño sobresaliente (7.4% en 2018 y 12.1% en 2019).

Resaltamos que, en la UNACH a diferencia de otras universidades, los estudiantes con promedio general de egreso superior a 9.0 obtiene su título por mérito académico. Es por ello por lo que no podemos comparar los

resultados obtenidos con los reportados por autores como Guerrero, Romero y Noriega (2015), quienes encontraron que los egresados con promedios superiores a 9.0, obtenían con mayor frecuencia el dictamen sobresaliente, si bien en este estudio también pudo apreciarse que los egresados con un promedio entre 8.51 a 8.99, también obtuvieron los mayores puntajes y dictámenes sobresalientes en el EGEL-Medicina.

En la evaluación por áreas, la de mejor desempeño a nivel nacional corresponde a diagnóstico médico con 62% de dictámenes satisfactorios en 2018 y 69.2% en 2019, contra el 90.4% de la población estudiada, seguida por tratamiento y evolución con 52.3% en el 2018 y 57.1% en 2019 contra el 76.2% de los egresados de la UNACH campus II. El área de *promoción de la salud* fue la de menor desempeño, ya que 34.6% de los egresados obtuvieron un dictamen no satisfactorio, siendo menor que el nacional (60.7% en 2018 y 56.1% en 2019). A nivel nacional, *promoción a la salud* es el área con mayor número de sustentantes con dictamen sobresaliente, diagnóstico médico en el 2018 (15.1%) y *promoción a la salud* en el 2019 (20.3%). Para los egresados de medicina de la UNACH C-II, en el área de tratamiento y evolución el 21.8% de los dictámenes fueron sobresalientes.

En el trabajo realizado por Ramiro *et al* (2017), donde se estudian las tendencias en el porcentaje de aceptados por institución durante el 2001-2016, se observó que las universidades nacionales con mayor cantidad de aceptados son la Universidad Panamericana, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Universidad la Salle y Universidad de Guanajuato. Las de menor cantidad de aceptados corresponden al Centro de Estudios Universitarios Xochicalco Mexicali, Universidad Autónoma de Durango, Escuela Libre de Homeopatía, Instituto de Estudios Superiores Tepeaca y la Universidad México-Americana del Norte. En dicho estudio, se tomó como referencia el promedio de los aceptados por institución en los años 2016-2021, puesto que el porcentaje de aceptados y de sustentantes son en extremo diferentes entre instituciones, sin embargo, en este análisis se observó grandes coincidencias en cuanto a las universidades con mejores promedios en los últimos cinco años respecto al análisis realizado por Ramiro *et al* (2017); en donde también refiere que la Universidad Autónoma de Chiapas, el porcentaje de aceptación durante el periodo 2001-2016, fue de 21%.

CONCLUSIONES

Aunque existen organismos dedicados a unificar criterios para el funcionamiento de las instituciones educativas en medicina, con la finalidad de elevar y mantener los estándares de calidad, los planes de estudios y los resultados en las evaluaciones nacionales reglamentarias son tan dispares que representan dificultades para su comparación.

En el caso de la Universidad Autónoma de Chiapas, los datos estadísticos correspondientes al ENARM son otorgados en conjunto y no por campus, como en el caso de otras universidades, lo cual dificulta aún más llevar el seguimiento de los egresados, ya que, incluso en los procesos de acreditación, los campus presentan diferentes dictámenes.

Respecto al promedio de egreso con los dictámenes del EGEL, comparar los resultados con otros estudios no fue posible, ya que los egresados de la UNACH de mayor promedio cuentan con diferentes opciones de titulación. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran un mejor desempeño respecto al promedio nacional, aunque en el área de promoción a la salud deja claro que el desempeño de sus estudiantes no fue satisfactorio, por lo que se requiere retroalimentar el plan de estudios. También se observó que los egresados con promedios más altos, la mayoría obtuvieron dictámenes sobresalientes en el EGEL-Medicina.

Evaluar los conocimientos de los estudiantes es un reto en todos los niveles de educación y al ser los planes de estudio tan diferentes entre instituciones, el análisis de los resultados del EGEL-Medicina y ENARM podrían ser de ayuda para realizar adecuaciones en todas las instituciones que imparten la licenciatura.

El número de universidades con la licenciatura en Medicina aumenta año con año, lo cual ha contribuido a que la UNACH descienda en el ranking nacional en el ENARM, sin embargo, los promedios de los egresados continúan estando ligeramente por encima del promedio nacional. La media en el promedio en el ENARM obtenido por los egresados de la UNACH en los años 2016-2020 es ligeramente mayor que el promedio nacional 61.3 vs 60.7.

RECOMENDACIONES

- Para obtener un mejor panorama respecto al desempeño de los egresados de la UNACH en el ENARM, es necesario que, al igual que en otras instituciones, el número de aceptados y sus promedios sean reportados por campus, lo cual debe ser gestionado por la UNACH ante la CIFRHS.
- Es necesario otorgar mayor énfasis en la enseñanza de conocimientos en el área de promoción de la salud, puesto que es el área de menor desempeño de los egresados.
- Ante la nueva modalidad de elección de plazas de especialidad, realizar el análisis estadístico de los promedios obtenidos por área de conocimiento en el ENARM podría ser de ayuda para los egresados de la universidad, puesto que permitirá a aquellos que tengan en mente realizar una especialidad, enfocarse en el estudio

de las áreas en que sus compañeros presenten mayores deficiencias, permitiendo elevar la calidad educativa de la institución.

- El número de egresados y de sustentantes del ENARM varía en gran medida respecto a la institución y el año, por ello, los análisis de tendencias en cuanto a promedio obtenidos por los sustentantes podrían presentar un mejor panorama respecto al desempeño de los egresados por institución, se sugiere que los análisis futuros tomen en cuenta esta variable.

REFERENCIAS

- Amador Campos, J. C., Coronado Herrera, M., Flores Echavarría, R., & Sánchez Flores, A.** (2009). La formación médica en México y los procesos en búsqueda de garantizar la calidad de los egresados. *Revista De La Facultad De Medicina*, 44(002). Recuperado a partir de <https://revistas.unam.mx/index.php/rfm/article/view/12587>
- Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL).** (2019). *Informe Anual de Resultados 2018. Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Medicina General. (EGEL-MEDI)*. https://ceneval.edu.mx/wp-content/uploads/2021/07/MEDI_2018.pdf
- (2019b). *Informe Anual de Resultados 2019. Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Medicina General. (EGEL-MEDI)*. https://ceneval.edu.mx/wp-content/uploads/2021/07/MEDI_2019.pdf
- Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud.** (2021). *Guía del usuario para el proceso de selección de especialidad XLV ENARM* [8 de noviembre 2021]. http://www.cifrhs.salud.gob.mx/site1/enarm/docs/2021/E45_Guia_Usuario_Proceso_Seleccion-VF.pdf
- Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud.** (2021) *Reportes Académicos. Médicos Inscritos, Sustentantes, Seleccionados y Resultados por Escuela o Facultad de Medicina*. http://www.cifrhs.salud.gob.mx/site1/enarm/reportes_academicos.html
- Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Médica A. C.** (2021) *Estatus de la Acreditación COMAEM. 2021* [8 de noviembre 2021]. http://www.comaem.org.mx/?page_id=76
- Dirección General de Acreditación Incorporación y Revalidación.** (2021) *Acuerdo 286* [8 de noviembre 2021]. https://www.sep.gob.mx/es/sep1/acuerdo_286
- Flores Hernández, Fernando, Contreras Michel, Nancy, & Martínez González, Adrián.** (2012). Evaluación del aprendizaje en la educación médica. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 55(3), 42-48. Recuperado en 22 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422012000300008&lng=es&tlng=es.
- Guerrero Ávila, J. J., Romero-González, J., Díaz Rosales, J., Díaz Torres, B., Ríos Rodríguez, R., & Zesati Pereyra, G. I.** (2016). Evaluación de medicina en México. *Cultura Científica Y Tecnológica*, (55). Recuperado a partir de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/764>
- Guerrero Ávila, J. J., Romero González, J., & Noriega, R.** (2015). Análisis de la Competencia en Medicina visto a través del EGEL-MG. *Cultura Científica Y Tecnológica*, 2(49). Recuperado a partir de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/157>

- Heinze-Martin, G., Olmedo-Canchola, V. H., Bazán-Miranda, G., Bernard-Fuentes, N. A., & Guízar-Sánchez, D. P.** (2018). Los médicos especialistas en México. *Gaceta medica de Mexico*, 154(3), 342–351. <https://doi.org/10.24875/GMM.18003770>
- López-Bárcena Joaquín, Trejo Juan, Sánchez-Alor Joel, Muñoz Gerardo, González-Torres Alfredo, García-Bonilla Claudio et al.** *Evaluación integral de competencias en la formación de médicos en México: estudio interinstitucional*. FEM (Ed. impresa) [Internet]. 2015 feb; 18(1): 55-61.
- OECD** (2019), *Health at a Glance 2019: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/4dd50c09-en>.
- Ramiro-H, M., Cruz-A, J. E., Zerón-Gutiérrez, L., & Arévalo-Vargas, A.** (2017). El ENARM y las escuelas y facultades de medicina. Un análisis que no le va a gustar a nadie. *Revista medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(4), 498–511.
- Universidad Autónoma de Chiapas** (2001). *Reglamento interno de evaluación profesional para los egresados de la licenciatura en Médico Cirujano de la Facultad de Medicina Humana Campus II, de la UNACH*. https://www.fac-med.unach.mx/images/titulacion/reglamento_evaluacion_profesional.pdf

Remesas e inclusión financiera en municipios del Noreste de México: Un análisis espacio - temporal bayesiano

Remittances and financial inclusion in municipalities of Northeast
Mexico: A Bayesian spatio-temporal analysis

—
Gerardo Núñez Medina¹
gnunez@colef.mx

César R. Pérez Marcial²
cesar.marcial@gmail.com

Jorge López Arévalo³
jalachis@hotmail.com

1 COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE COLEF-SEDE PIEDRAS NEGRAS,
COAHUILA. MÉXICO

2 UNIVERSIDAD REGIONAL DEL NORTE, CAMPUS CHIHUAHUA,
CHIHUAHUA. MÉXICO

3 FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS. CHIAPAS. MÉXICO



Para citar este artículo:

Núñez Medina, G., Pérez Marcial, C. R., & López Arévalo, J. Remesas e inclusión financiera en municipios del Noreste de México: Un análisis espacio - temporal bayesiano. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(34). <https://doi.org/10.31644/IMASD.34.2023.a05>

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo analizar la distribución espacio-temporal de las remesas en los municipios del noreste de México derivada del efecto de los servicios financieros, y por tanto, se enfoca en estudiar la relación entre el flujo de remesas y la inclusión financiera, considerando la infraestructura y red existente de servicios bancarios en los municipios de la región, al tiempo que se argumenta que la inclusión financiera puede apoyar la acumulación de recursos a través del ahorro y permitir el acceso a créditos, seguros y otro tipo de productos financieros. Los resultados muestran que la concentración de recursos en instituciones y municipios con mayor presencia de instituciones bancarias puede, evidentemente, llevar a la expansión de pequeños negocios, a la generación de ingresos derivados del desarrollo de micronegocios y a la inversión productiva especialmente en segmentos de bajos recursos y que esto se encuentra asociado a la recepción de remesas, asimismo se busca destacar la importancia de comprender las complejas interacciones entre la migración internacional, las remesas y la economía.

Palabras clave:

Inclusión financiera; modelos log-lineales aditivos, remesas.

— *Abstract*—

This paper aims to analyze the spatio-temporal distribution of remittances in the municipalities of northeastern Mexico given the effect of financial services and therefore focuses on studying the relationship between the flow of remittances and financial inclusion, considering the existing infrastructure and network of banking services in the municipalities of the region, while arguing that financial inclusion can support the accumulation of resources through savings and allow access to credit, insurance and other types of financial products. The results show that the concentration of resources in institutions and municipalities with a greater presence of banking institutions can evidently lead to the expansion of small businesses, the generation of income derived from the development of micro-businesses and productive investment, especially in low-income segments, and that this is associated with the receipt of remittances, as well as highlighting the importance of understanding the complex interactions between international migration, remittances and the economy.

Keywords:

Financial inclusion; additive log-linear models; remittances.

Este trabajo, de cohorte longitudinal, tiene por objetivo analizar la distribución espacial de las remesas en los municipios del noreste de México condicionado a partir del efecto de los niveles de inclusión financiera observados. Las remesas fueron cuantificadas por el Banco de México en la balanza de pagos a partir de la distribución municipal de los ingresos por remesas familiares en series trimestrales estimadas en millones de dólares. La inclusión financiera se cuantificó a partir del total de sucursales bancarias reportadas por el Sistema de Información Económica del Banco de México dentro del módulo de información operativa de la banca comercial para los municipios de noreste de México región conformada por Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila. El período de análisis comprende los años 2015 a 2020.

Se analizó, por tanto, la relación existente entre los flujos de remesas y la inclusión financiera, considerando la infraestructura y red económica presente en los municipios de la región noreste de México. Se trata, por lo tanto, de un análisis de los flujos económicos y de los medios por los que transitan dichos recursos financieros, recursos provenientes del trabajo de migrantes y que son enviados a sus lugares de origen, donde pudieran tener una relación familiar y/o de consumo en México. Las remesas pueden entenderse como un instrumento más que apoya la inclusión financiera de las familias receptoras de remesas. La integración al sistema bancario o financiero de una parte de los circuitos migratorios provoca la concentración de recursos en instituciones y municipios, donde se concentran tanto la recepción de remesas, como las sucursales bancarias, con la disminución de los efectos dispersores de recursos en los municipios con menor presencia del sistema bancario.

La inclusión financiera posibilita en principio, la oportunidad de acumular recursos vía ahorro y de manera secundaria permite realizar pagos o recibirlos con un colateral, lo que eventualmente desembocaría en la posibilidad de acceder a créditos, seguros y productos financieros de mayor complejidad (Buchenau, 2010). La experiencia y estudios realizados muestran la correlación entre el acceso a servicios financieros y la obtención de créditos, asociados a la expansión de pequeños negocios, a la generación de otros ingresos y a la inversión productiva en segmentos de bajos recursos (Dittus y Klein, 2011).

ANTECEDENTES

El reconocer las relaciones complejas entre migración internacional y su contraparte económica, la emisión de remesas, conlleva al análisis del comportamiento que describen las remesas en las dimensiones espacial y temporal. Si bien, el comportamiento de las remesas a cualquier escala es similar, por supuesto con variaciones, una interpretación de las remesas es darles un

papel como agente de dependencia y motivador para la migración internacional; a partir de la explicación del desempeño cíclico de la economía, en el caso de concreto del circuito México-EUA, el flujo de remesas tiene un comportamiento dinámico, dominado por ciclos definidos, lo que implica cierta vulnerabilidad; esto en concordancia a lo expresado en los últimos años por las cifras del Banco de México.

La conexión entre migración y servicios financieros está determinada mayormente por las remesas y por la posibilidad de acceder a estos recursos en un mercado seguro y con condiciones convenientes para los que envían y para quienes reciben. El flujo de remesas se identifica como un factor de arranque, dentro de una visión particular del desarrollo local, capaz de impulsar el desarrollo de proyectos productivos y de conexión directa con el consumo e indirecta con los sectores productivos y comerciales. Particularmente se han identificado a las remesas como una palanca de apoyo para la disminución de la pobreza y a la migración como un medio de ocupación de mano de obra excedente.

Existen innumerables ejemplos de acciones emprendidas como el programa Tres por uno (3X1 para migrantes) y la inversión en negocios familiares; en cierto grado las remesas colectivas (intermitentes y poco atendidas) se conectan a problemas en la planeación y en complicaciones en su uso; a nivel familiar es donde aspectos sutiles como la bancarización y la educación financiera (aspectos iniciales de la inclusión financiera) juegan un papel en la administración de negocios locales.

El acceso a remesas, desde una visión amplia y teórica, disminuiría la vulnerabilidad y en el largo plazo la dependencia de recursos externos, sin embargo, las condiciones del mercado y la baja integración con el sector financiero provoca problemas más complejos para la gestión y aprovechamiento de los envíos. Una de las características de la Inclusión Financiera (IF) es la de su uso desde la teoría económica y por supuesto en políticas públicas, donde instituciones específicas de gobiernos nacionales buscan integrar a migrantes y a sus familias al manejo de instrumentos financieros, propiamente al acceso, conocimiento, y manejo de tecnologías asociadas a la bancarización, (telefonía celular, aplicaciones institucionales entre otras).

Los sistemas financieros inclusivos consideran al usuario o potencial usuario como un conocedor de operaciones y de la lógica de las transacciones financieras. Consideran al usuario un actor central que intuye que el acercamiento a las instituciones financieras y a sus servicios puede serle de beneficio. Por otro lado, se encuentran los operadores o intermediarios financieros, que no se detienen a observar al cliente, ni su condición o situación, su objetivo es captar la atención por medio de eficiencia en el uso de productos y servicio, mientras los sistemas bancarios tradicionales actúan en función de intereses corporativos por lo que evitan el trato con

estratos sociales específicos, estratos que se integran a nuevos modelos del mercado global, a través de actores financieros públicos o privados que para consolidarse ofrecen productos y servicios financieros eficientes, baratos, inmediatos y seguros.

A pesar de ser un componente demográfico extendido en gran parte del territorio nacional, la migración es selectiva por cuestiones económicas (definición estratégica) y familiares, y a su vez, la respuesta económica que es el contra flujo de recursos se da por medios de transferencias dentro de los sistemas financieros. Con información de Banco de México, ahora a nivel municipal se reconoce geográficamente a qué municipios llegan las remesas. Independiente al monto, los datos desagregados, son una fuente de información directa y frecuente del lugar “a donde llegan las remesas” las referencias anteriores fueron “hogares que declararon recibir remesas” para el 2000 y 2010 del Índice de Intensidad Migratoria (IIM-CONAPO) y las distintas encuestas sobre ingreso en los hogares de INEGI. Por lo tanto, la oportunidad de referencia bajo otra fuente y que se contraponga a lo establecido por fuentes iniciales proporciona una mayor capacidad de interpretación, permitiendo detallar el circuito que siguen las remesas en el país y por su puesto el medio, a los niveles de inclusión financiera de los espacios asociados al contra flujo que, junto al monto, frecuencia y secuencia de la información, permitirá un mayor análisis del impacto. A pesar de lo anterior es reconocido por distintos estudios que, el papel de éstas es el consumo y en menor medida la inversión (Canales, E. 2006).

En el renglón de consumo es importante destacar que se genera en su mayoría en el mismo lugar de recepción de las remesas, por lo que la medición de ese impacto económico se concentra y va disminuyendo por distancia y tiempo a partir de estos puntos, pero sin distinguir la salida o no de la demarcación municipal. De manera concreta la recepción se da en localidades medianas a mayores donde se encuentran los servicios financieros (bancos, remesadoras, casas de cambio entre otras más) que son las elegidas por los usuarios para contar con ese servicio (Pérez C., 2015).

Las tecnologías de comunicación-información en este ámbito, por medio de la telefonía celular, ha tomado dos caminos, su uso como un elemento del potencial económico para el sector financiero tradicional y sobre todo para las características del sistema financiero y social inclusivo (BID, 2009). Además de ser una plataforma tecnológica, es instrumento operativo del mercado y la red por donde fluyen volúmenes monetarios. Banco Mundial identificó las dimensiones en América Latina donde 98% del territorio cuenta con recepción de señal de celulares, y 84% de los hogares cuenta con el servicio de telefonía móvil (Consultative Group to Assist the Poor, The World Bank Group, 2010).

Otros elementos existentes para la inclusión financiera (IF) se definen por la apertura política de los gobiernos para reforzar políticas públicas incluyentes; integrando organismos internacionales especializados y un debate académico, teórico, práctico y metodológico de este tema en distintos foros públicos y privados que adquiere realce. Se intenta que la IF tenga matices estratégicos en economías nacionales en tiempos de los servicios digitales (Alfaro, 2010).

La distribución de la población en áreas rurales y o remotas incrementan las dificultades de traslado para transacciones financieras sencillas, como recibir pagos o subsidios. Reportes muestran que el acceso a Servicios Financieros (SF) es un factor crítico para incrementar la calidad de vida, ya que superan barreras de contacto entre personas o microempresas, fortalecen su condición disminuyendo su vulnerabilidad y de manera directa el acceso reduce costos para tramites, suma la seguridad y disminuye tiempos de manejo de efectivo, facilitan la recepción de remesas y transferencias (BID, 2010b).

En algunos países de Latinoamérica se emprendieron programas que fomentaron la inclusión financiera de manera obligada, que incluyeron acciones en tres niveles: a) Cambiar los marcos normativos b) Adquirir recursos para la oferta de SF que incluyan productos alternativos a los tradicionales, adaptables a las necesidades de poblaciones menos favorecidas y c) Apoyar y asesorar para la sustentabilidad de empresas financieras. Esto significa la aplicación de subsidios destinados a compensar los costos por la oferta de SF. Se trata de integrar a las nuevas tecnologías que, en forma de canales y herramientas, permitan soportar y proveer servicios eficientes, rápidos y de bajo costo.

Un sistema financiero desarrollado es crucial para el crecimiento económico, los costos de transacción además de las debilidades institucionales restringen la integración, actuación y funcionalidad de las finanzas de los hogares de muy bajos ingresos, del sector microempresarial y de las economías en el sector rural (Central Bank of Brazil, 2010). El acceso a servicios financieros dinamiza las actividades en economías locales, genera nuevas capacidades que optimizan recursos, eleva los ingresos e integra a un número mayor de actores, al eliminar imperfecciones de los mercados, desde el nivel local hasta el nacional.

Lo anterior, marcado por la correlación positiva entre acceso a servicios financieros y el crecimiento económico (Levine, Loayza, y Beck, 2000). Para finales del 2010, el G-20 impulso la Alianza Mundial para la Inclusión Financiera¹ con la conformación de un grupo para la IF y un subgrupo para

1 Visión histórica: los ahorros informales y grupos de crédito tienen antecedentes en el siglo XV. En Alemania por 1800 surge un modelo de finanzas vía cooperativa, con adaptaciones se replica en siglo XX en zonas rurales de América Latina. Para incrementar el acceso a un crédito agrícola se crean insti-

la Innovación. Ante el consenso sobre la importancia de la IF, se habla de “bancarizar a los no-bancarizados”. Asmundson (2011) menciona que los SF comprenden componentes significativos como: la transacción para obtener un bien financiero, con variaciones en transacciones (inmobiliarias, de consumo, seguros y bancarios), y la intermediación que los servicios financieros hacen para el uso del dinero de una manera productiva.

La IF conecta elementos como marcos regulatorios, oferta de productos ajustados (pagos, ahorros, créditos, seguros), capacidad de cobertura, acceso a canales amplios (tradicionales y modernos), servicios de calidad a precios razonables, potencial de seguridad y eficiencia, además de la promoción de educación y cultura financieras, junto con formatos de transparencia de información (Pérez C., 2015).

La relación entre la cultura financiera y la exclusión tecnológica son dos factores importantes, dado que la presencia y distribución de las instituciones bancarias formales en las regiones involucradas con los SF y en concreto con el pago de remesas toma realce, en un mercado con baja regulación, en contraparte, una alta oferta de SF incrementa la vulnerabilidad de los demandantes, debido a que la normatividad que es fundamental en la actuación de instituciones financieras pequeñas o informales, incrementa los riesgos en la protección, ejecución de garantías o cargas impositivas que distorsionan el control de las tasas de interés y préstamos dirigidos (Gardev y Rhyne, 2011).

La carencia de marcos regulatorios que prevengan el riesgo de lavado de activos, conocido como “know your customer”², limita especialmente el acceso a SF por parte de la población de bajos ingresos, y también de quienes ejercen actividades productivas informales, ya que carecen de documentos que acrediten su actividad o su persona para abrir una cuenta. Otra complicación asociada a lo anterior es la razonable y justa integración de costos a la prestación de servicios a los usuarios.

La IF vista como política pública que tiene como objetivo conformar un sistema financiero inclusivo que ponga al alcance de personas de bajos ingresos servicios financieros (transacciones, remesas, ahorro, microcrédito, tarjeta de crédito, crédito vivienda y seguros) lo que implica cambiar la

tuciones estatales, (con pérdidas por subsidio y baja recuperación). Para 1970 se crea el “microcrédito” y la integración de pequeñas asociaciones de mujeres, para los 80 con mayor capacidad metodológica se dan nuevos modelos con sostenibilidad y para los 90 el concepto de microcrédito cambia a microfinanzas. Se transita a modelos multi producto, aprovechando el mercado sin regulación, reduciendo costos y ampliando hacia el pago de remesas, captación de ahorro. Se dio la distribución geográfica y diversificación de riesgos, así se atendió a un grupo de fuertes potenciales, incrementando el número de clientes (rurales y urbanos) existieron innovaciones y el inicio de la regulación. La transición a sistemas financieros inclusivos se debe a la necesidad de acceso, a instrumentos de calidad, y costos justos, lo que redujo aspectos negativos.

2 Conocer a su cliente.

visión y manejo de las instituciones financieras, reguladores, supervisores y operadores, se trata de “re-estructurar” la idea del mercado de servicios financieros hacia modelos sencillos en condiciones tecnológicas de amplio soporte, desarrollar instituciones que permitan la fiscalización y revisión de los actores, generando niveles de información confiable y actualizada, así con marcos normativos abiertos que permitan la conexión de instrumentos y actores para mejorar e incrementar la competencia (Mas y Siedek 2008).

El mercado objetivo de la IF debiera ser la población de menores recursos o ingresos, la base de la pirámide social, a la cual se le busca un camino para incorporarla a los beneficios del crecimiento económico por medio del acceso a servicios básicos, pagos y remesas. Una política pública de IF debe buscar la llegada de más usuarios e instrumentos a los sistemas financieros, disminuir sus costos y limitaciones para hogares, personas y empresas (Siedek, 2007, 2007b). Por otro lado, las remesas según Pérez (2015), constituyen la expresión de las redes económicas contemporáneas internacionales y de sus relaciones sociales, que se establecen entre los lugares de origen y destino de la migración. Su dinámica se asocia a: el objetivo de la migración inicial, la cantidad de personas; temporalidad del proceso; y a la dispersión espacial de los migrantes en los sectores laborales y en el consumo familiar, entre otros elementos.

A escala nacional y para la contabilidad de ingresos en el sector bancario se muestra un crecimiento significativo de las remesas, lo que le otorga un peso sobresaliente, por su manejo en lo local o regional tiende a suponerse que inciden en las economías de los países receptores, que existe un impacto generalizado, pero esto sólo ocurre en la escala de los hogares receptores. En general, el envío de recursos a comunidades de migrantes constituye un fondo salarial de transferencias familiar, por lo que su contribución al crecimiento y desarrollo económico nacional suele ser marginal.

La lógica del envío de remesas no corresponde a la de un fondo de inversión o ahorro, sino a un ingreso familiar, que suele destinarse, en su mayor parte, a la satisfacción de las necesidades básicas, que contribuye a disminuir la vulnerabilidad social, a generar apoyos durante situaciones críticas.

La circulación y uso de las remesas ha constituido un circuito financiero, parte del cual está inmerso en un contexto rural, con elevados índices de deterioro social y del tejido productivo, mientras por otro lado, existe una economía que demanda mano de obra con condiciones salariales superiores aún en condiciones de informalidad y/o irregulares. Es común que, al tratarse de economías campesinas, las remesas impacten en la producción destinada al autoconsumo y en el mercado local que tiene una racionalidad diferente, que por la inyección exógena de ingresos genera nuevas escalas de polarización que trascienden la dimensión espacio-temporal. Por lo

que el ámbito territorial y la escala geográfica son elementos diferenciadores del uso y del impacto de las remesas.

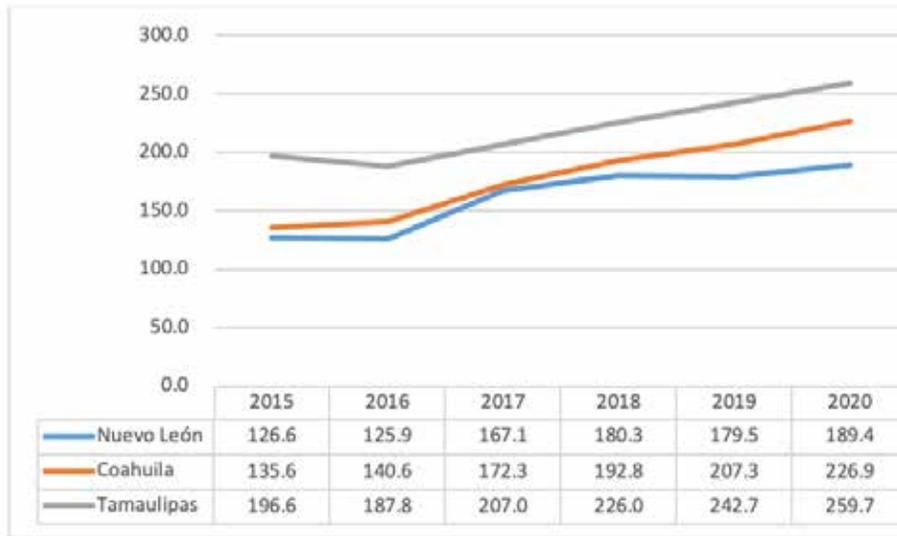
Otro rasgo diferenciador, de las remesas, es la magnitud e impacto que ejercen en comunidades dispersas donde este ingreso, así como su circulación son fundamentales para su sobrevivencia. Es importante señalar que las remesas tienen una función sociocultural para mantener y reforzar prácticas y valores tradicionales, que fortalecen la cohesión social, cultura y la identidad de los pueblos en que se insertan en los circuitos migratorios (remesas colectivas).

Fuentes de información

Los datos utilizados para el desarrollo de esta investigación fueron obtenidos de los tabulados del Sistema de Información Económica, publicados por el Banco de México y se encuentran disponibles en <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/> En particular se procesaron las variables relativas a los ingresos por remesas familiares y el total de sucursales bancarias, en ambos casos las variables se encuentran desagregadas a nivel municipal.

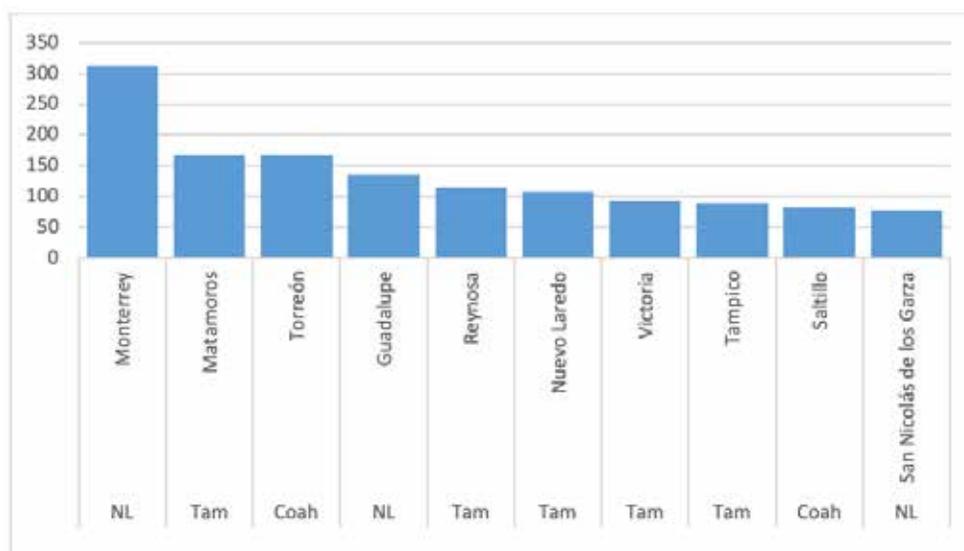
REMESA E INCLUSIÓN FINANCIERA EN MÉXICO

De acuerdo con el Banco Mundial, el flujo global de remesas en 2010 fue de 440 mil millones de dólares, México ocupó el tercer lugar, superado sólo por la India y China. En los últimos años, Banco de México ha registrado dos tendencias importantes en el flujo de remesas, una entre 2004 y 2007, donde el volumen anual de remesas aumentó junto con el número de transacciones, sin embargo, a partir de 2008, estos parámetros descendieron a niveles normales. La segunda tendencia inicia después de 2014 cuando se observa un crecimiento sostenido de las remesas hasta el año 2020, con un crecimiento anual de 11.4%, marcando durante a 5 años consecutivos un crecimiento récord, su monto para ese último año equivale a más de 875 mil millones de pesos, que es superior al presupuesto federal de México aprobado para 2021 de las Secretarías de Educación Pública, Salud, Trabajo y Previsión Social, Bienestar y Cultura en su conjunto. Según estimaciones de la banca, 0.7% de las remesas llegan en efectivo o especie mientras que otro 77.1% se cobran en instituciones no bancarias (BBVA, 2021).



Gráfica 1. Evolución de las remesas per cápita en el noreste de México, 2015 a 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de BANXICO. Remesas per cápita en dólares anuales

Cabe destacar que el promedio de dólares por operación tuvo un comportamiento similar durante los años analizados. En México la distribución por entidad federativa muestra patrones regionales desiguales, donde solo 9 estados concentran más del 60% de las remesas, tendencia que se repite al interior de las entidades federativas debido a las condiciones de infraestructura y conexión con los circuitos migratorios. Para el caso de la región noreste del país y sólo para los años 2019 y 2020 se presentan un incremento en el monto recibido en Nuevo León de 6.7% (al pasar de 960 a 1,024 millones de dólares), Tamaulipas con un incremento de 8.2% (pasó de 873 a 945) así como Coahuila quien presentó un crecimiento de 11.1% (pasó de 640 a 711 millones de dólares) (BBVA, 2021).



Gráfica 2. Remesas municipales región noreste de México en 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de BANXICO y los Censos de Población y Vivienda, INEGI. Remesas per cápita en dólares

La gráfica 1 muestra la evolución temporal de los montos de las remesas per cápita a nivel estatal. Las cifras nos permiten tener una idea de la dispersión del fenómeno entra las entidades del noreste de México, donde resulta evidente que a lo largo del periodo 2015-2020, las remesas se incrementaron de manera sostenida, pasando de un promedio regional de 149 dólares año-persona a un promedio de 220 dólares año-persona. Este incremento en el monto de las remesas también se reflejó en el número de municipios receptores, mientras en 2015 un total de 23 municipios de los 132 que integran la región, no recibieron remesas, para el 2020, sólo un municipio, San Nicolás en Tamaulipas no recibió remesas, municipio en el que no hay ni remesadoras, ni cajeros, y mucho menos sucursales bancarias donde pueda hacerse efectivo el cobro de remesas, por lo que suponemos que se dirigen a los municipios aledaños (base de datos de Banxico, consultada el 20/02/2020).

En relación con el flujo neto de remesas a nivel municipal, durante el 2020, se observa que los municipios más importantes de la región son quienes reciben una mayor cantidad de remesas, lo que puede ser un indicador de la existencia de una mayor proporción de su población laborando en Estados Unidos. Así, los municipios de Monterrey, Matamoros, Torreón, Guadalupe y Reynosa son quienes mayores montos de remesas reciben (ver gráfica 2); por ejemplo, Monterrey recibió 312 millones de dólares durante 2020, el promedio de la región fue de 20.2 millones de dólares por municipio para el mismo año. Si bien, las remesas llegan a prácticamente todos los municipios, como puede verse en el mapa 1, existen grandes diferencias en la distribución

espacial y temporal de las remesas entre los municipios de la región, aunque no puede distinguirse un patrón espacial en la distribución de estas.

ANÁLISIS ESPACIAL BAYESIANO

La modelación espacio-temporal de las remesas municipales se realiza a través del ajuste de una serie de modelos gaussianos latentes que incluyen la aplicación de modelos paramétricos, no paramétricos y modelos de interacción espacio-temporal. El predictor lineal del modelo gaussiano latente se define a partir de una función de enlace:

$$\eta = g(E(Y | \eta))$$

donde η representa el predictor lineal, g es una función de enlace y Y representa una sucesión indexada de la forma:

$$Y(i, t) = \{y(i, t) | (i, t) \in \mathcal{R}^2 \times \mathcal{R}\}$$

definida como un proceso estocástico, donde cada $y(i, t)$ representa las remesas captadas por el municipio $i = 1, \dots, 2456$, al año $t = 1, \dots, 6$ (Blangiardo & Cameletti, 2015: 235), las cuales son modeladas por una distribución gaussiana, $Y_{it} \sim N(\eta_{it}, \sigma^2)$ donde η_{it} representa el valor esperado de remesas en el municipio i al año t y σ^2 la varianza.

Bajo estos criterios, el modelo bayesiano se define por: una capa de hiperparámetros, un campo gaussiano latente y una función de verosimilitud que captura la distribución marginal definida a través de una familia exponencial. La formulación de los modelos espacio-temporales comprenden: un modelo paramétrico clásico, un modelo dinámico no paramétrico y cuatro variaciones del modelo de interacción espacio-temporal con efectos estructurados y no estructurados. La formulación paramétrica clásica de los modelos espacio-temporales, define al predictor lineal η_{it} como:

$$\eta_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + (\beta + \delta_i)t \quad [1]$$

El modelo dinámico no paramétrico utiliza una formulación que le permite manipular las tendencias temporales a través parámetros que controlan de forma independiente los efectos temporales estructurados ρt y no estructurados φt (Bivand, Gómez-Rubio & Rue, 2015), con lo que su predictor lineal esta dado por:

$$\eta_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t \quad [2]$$

Los modelos de interacción espacio-temporal expanden los modelos paramétrico y no paramétrico al introducir un término γ_{it} , capaz de capturar la interacción entre espacio y tiempo, con lo que su predictor lineal toma la forma:

$$y_{it} = \eta_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t + \gamma_{it} \quad [3]$$

En los modelos (1) a (3) β_0 representa el nivel medio de remesas recibido en los municipios del noreste de México, u_i representa los efectos aleatorios espacialmente estructurados y el parámetro v_i el efecto espacialmente no estructurado.

En el modelo (1) cada unidad espacial tiene un intercepto espacial dado por $(\beta_0 + u_i + v_i)$ y una pendiente $(\beta + \delta_s)$ que representan la tendencia temporal (Blangiardo & Cameletti, 2015), mientras que en el modelo (2) la tendencia temporal estructurada ρ_t se modela como una caminata aleatoria (rw(1)) distribuida como:

$$\rho_t | \rho_{t-1} \sim N(\rho_{t-1}, \sigma^2)$$

Mientras que la tendencia temporal no estructurada φ_t sigue una distribución gaussiana intercambiable previa $N(0, 1/\tau\varphi)$ (Schrödle & Held, 2011). Finalmente, en la ecuación (3) el término de interacción espacio-temporal γ_{st} sigue una distribución gaussiana dada por $\gamma_{it} \sim Normal(0, 1/\tau_\gamma)$, con matriz de precisión dada por $\tau_\gamma R_\gamma$.

En el modelo (3), el término γ_{it} especifica la interacción entre efectos espaciales y temporales, estructurados y no estructurados con lo que se definen los modelos de interacción tipo I a IV. La interacción tipo I controla el efecto espacial y temporal no estructurado, v_i y ρ_t , la interacción tipo II define la variación entre el efecto espacial no estructurado v_i y el efecto temporal estructurado ρ_t , la llamada tipo III la interacción entre el efecto espacial estructurado u_i y el efecto temporal no estructurado ρ_t y finalmente, la interacción tipo IV controla la variación entre el efecto espacial estructurado u_i y el efecto temporal estructurado ρ_t .

MODELOS DE INTERACCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

Los seis modelos en competencia fueron evaluados a partir de un criterio de selección estadístico conocido como Akaike. La selección del modelo, dentro del conjunto de modelos alternativos, se realizó con base en la implementación de algoritmos que permiten discriminar entre modelos. De esta manera, el criterio de información de Akaike (AIC) proporcionó una medida de bondad de ajuste del modelo al tiempo que penalizó el grado de complejidad del modelo (Akaike, 1974). El criterio de selección AIC consistió en elegir de entre los modelos alternativos, al modelo que

alcance el AIC más pequeño, lo que se estima en términos de la función de verosimilitud y del número de parámetros estimados por el modelo.

De entre el conjunto de los seis modelos alternativos ajustados, se estimó el criterio Akaike para cada uno de ellos, los resultados se presentan en la tabla 1 y muestran que el mínimo AIC fue alcanzado por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II, con una ventaja de más de mil puntos respecto de su competidor más cercano el modelo clásico paramétrico, con lo que el modelo tipo II resultó ser la mejor opción para modelar la evolución espacio-temporal de las remesas per cápita de los municipios del noreste de México.

Tabla 1
Criterios de información Akaike modelos estimados

	Modelo	AIC
PAR	$y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + (\beta + \delta_i)t$	2,780.18
NOP	$y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_i + \varphi_i$	3,224.90
Tipo I	$y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_i + \varphi_i + \gamma_{it}$	3,018.47
Tipo II	$y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_i + \varphi_i + \gamma_{it}$	1,724.09
Tipo III	$y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_i + \varphi_i + \gamma_{it}$	3,221.36
Tipo IV	$y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_i + \varphi_i + \gamma_{it}$	3,226.32

Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA

La tabla 2 presenta las estimaciones posteriores del modelo de interacción espacio-temporal tipo II para los efectos fijos y efectos aleatorios, donde, se observa que, el efecto fijo $\alpha=1.59$ estima el promedio del logaritmo de las remesas per cápita recibidas por los municipios del noreste de México, mismas que alcanzaron un monto observado medio de 200 dólares por persona al año, a lo largo de todo el periodo analizado (ver tabla 2), razón por la que α subestima de manera importante la media de remesas per cápita municipales. Este efecto de subestimación puede atribuirse a la ponderación espacial realizada para ajustar los efectos espacio-temporales observados entre municipios con altos y bajos niveles de recepción de remesas, lo que se asocia a que el modelo toma información prestada de los municipios vecinos para disminuir la varianza y mejorar la estimación de un municipio en específico (ver mapa 2), mientras que el efecto del parámetro β muestra la existencia de una relación positiva entre las remesas per cápita recibidas

y la inclusión financiera municipal, el valor estimado de β muestra que el incremento en un punto en la inclusión financiera municipal implicaría un crecimiento de 0.22 puntos en las remesas per cápita municipales.

En relación con los efectos aleatorios estimados para el modelo de interacción tipo II, la media de la densidad posterior del efecto espacial estructurado u_i resultó ser 60% más grande que la media estimada del efecto espacial no estructurado v_i , lo que muestra que el efecto de la dispersión espacial de las remesas per cápita entre municipios depende de manera importante de la estructura espacial y de la distancia entre municipios. En cuanto al valor medio estimado de los efectos temporales, por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II, se observa en la tabla 2 que, el efecto temporal no estructurado alcanza un valor muy superior al presentado por el resto de los efectos estimados, tanto temporales como espaciales, lo que indica que la evolución temporal de las remesas tiene una importancia relativa mayor a la presentada por las variaciones espaciales y que estas siguen un patrón temporal no sujeto a las variaciones del calendario.

Tabla 2

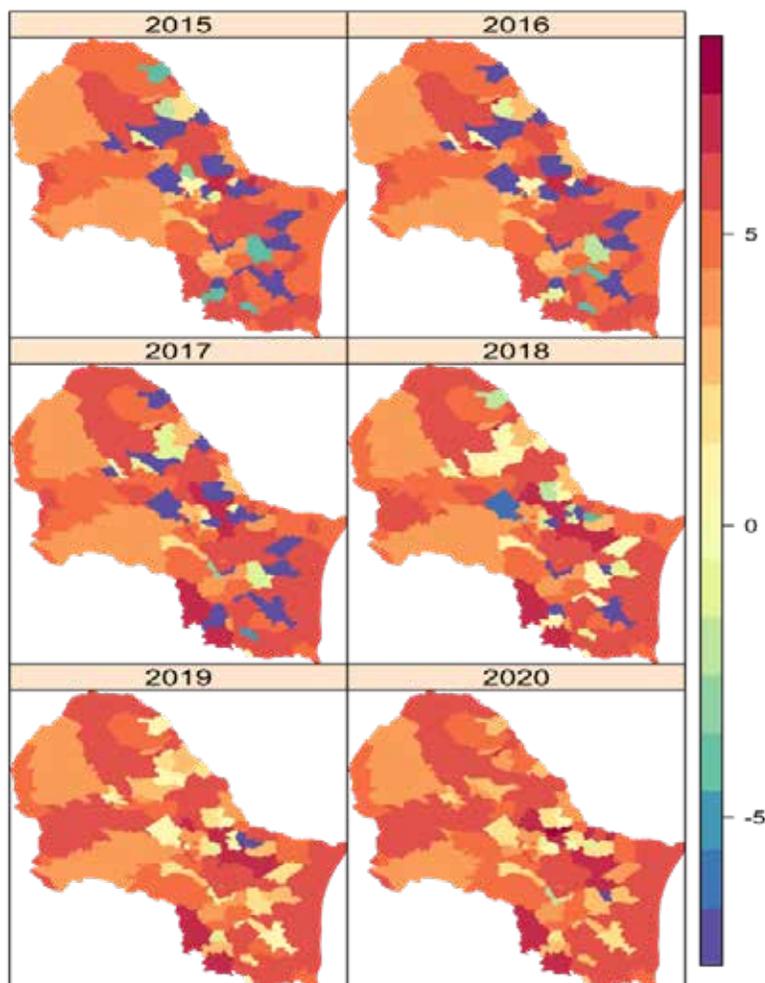
Estimaciones posteriores, modelo de interacción espacio-temporal tipo II

Efectos fijos	mean	sd	Q1	Q2	Q3
α	1.598	0.197	1.211	1.598	1.985
β	0.288	0.197	-0.098	0.288	0.675
Efectos aleatorios	mean	sd	Q1	Q2	Q3
Efecto espacial estructurado	2274.63	2285.92	209.51	1606.61	8295.67
Efecto espacial no estructurado	1857.59	1835.37	128.37	1316.22	6707.52
Efecto temporal estructurado	7.46	4.65	1.83	6.40	19.44
Efecto temporal no estructurado	21157.93	21330.11	1690.21	14889.58	78121.28
Efecto int. espacio-temporal	0.65	0.07	0.52	0.65	0.79

Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA

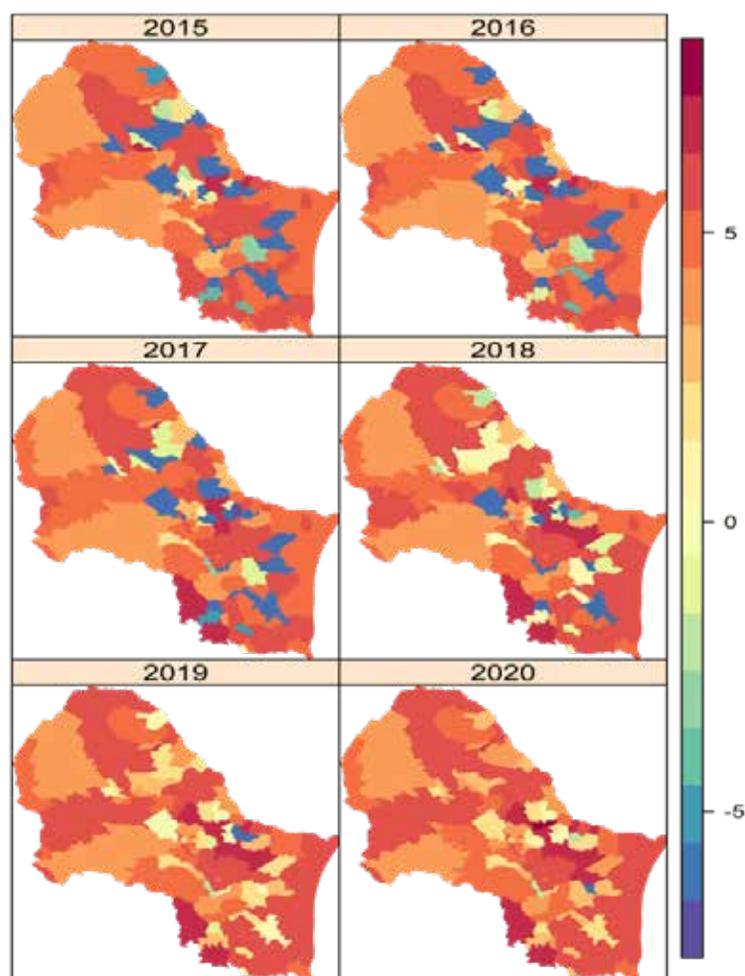
La distribución espacio-temporal de las remesas per cápita recibidas por los municipios del noreste de México, durante los años 2015 a 2020, se presentan en el mapa 1, mientras que las estimaciones, obtenidas por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II, para las remesas municipales per cápita pueden verse en el mapa 2. Los mapas 1 y 2 presentan el contraste entre las remesas per cápita observadas y estimadas, ambas en escala logarítmica. El mapa 2 presenta las estimaciones del predictor lineal posterior de las remesas per cápita realizadas por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II,

dado el nivel observado de inclusión financiera municipal presente en los municipios del noreste de México durante el periodo estudiado, en el mismo mapa es posible observar el efecto del suavizado realizado por el modelo.



Mapa 1. Remesas municipales observadas, región noreste de México 2015 a 2020. Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA. Remesas en escala logarítmica

La dispersión espacial del logaritmo natural de las remesas per cápita observadas en los municipios del noreste de México, a lo largo del periodo estudiado, muestra un incremento sostenido en el número de municipios que recibieron remesas entre los años 2015 a 2020. Mientras en 2015 el total de municipios que recibieron remesas alcanzó a 109 de los 132 existentes, para el 2020 la cantidad ascendió a 131. El crecimiento en el número de municipios receptores de remesas en la región noreste aumentó a la par que el número de sucursales bancarias y el monto promedio per cápita de las remesas recibidas por los municipios (ver gráfica 1).

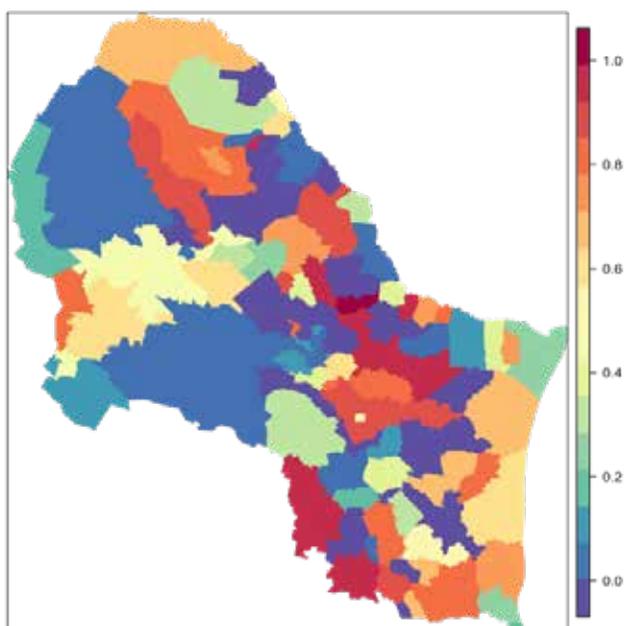


Mapa 2. Estimación media posterior de remesas per cápita municipales, según modelo de interacción tipo II. Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA. Remesas en escala logarítmica

En términos generales no puede distinguirse un patrón espacial de concentración o dispersión de remesas entre los municipios analizados (ver mapas 1 y 2), situación que revela una democratización en la recepción de remesas para la región noreste de país, salvo quizás una pequeña región, de baja recepción conformada por los municipios de Dr. Coss, Los Aldama, General Treviño y Melchor Ocampo (localizados en Nuevo León), la cual parece consolidarse a lo largo del periodo analizado. En cualquier caso, se trata de un conjunto de municipios básicamente rurales y con baja densidad poblacional, situación que pudiera explicar de alguna manera el comportamiento de las remesas.

El modelo de interacción espacio-temporal tipo II genera la distribución posterior de las remesas per cápita municipales para el periodo analizado, dados los niveles de inclusión financiera observados, de manera que es

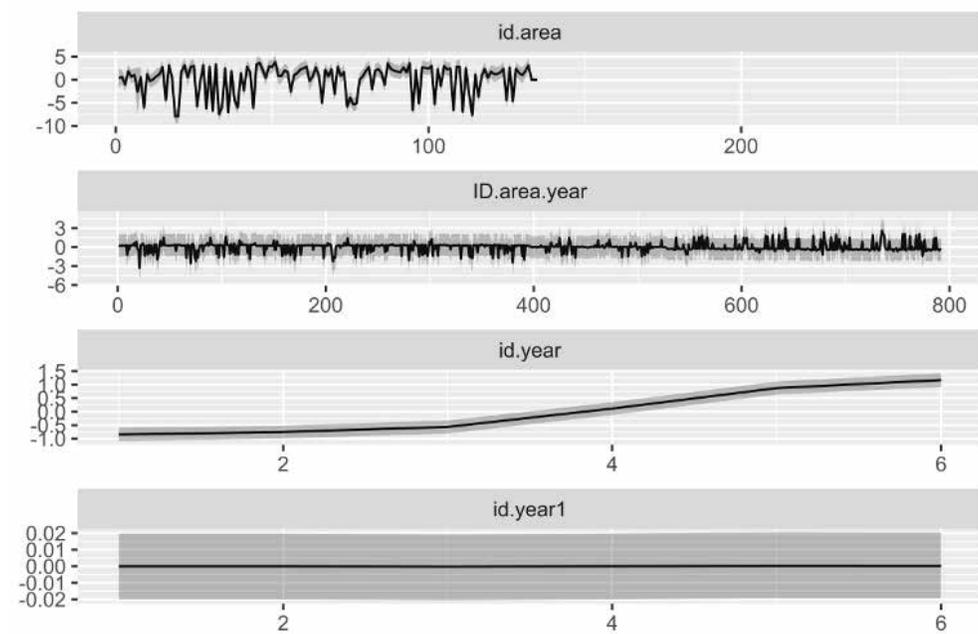
posible crear un mapa de probabilidad en términos del riesgo asociado a la recepción de un nivel de remesas per cápita, definido a partir de un umbral dado. El mapa 3 presentan la probabilidad condicional posterior de que un municipio reciba un nivel de remesas per cápita superior al promedio regional. Los municipios en tonos rojos a naranja muestran una alta probabilidad de recibir remesas por arriba del promedio de la región, mientras que los municipios en tonos azules a verdes presentan una baja probabilidad de obtener remesas por encima del promedio regional, lo que dibuja un patrón espacial. En general, los municipios en color azul se encuentran ubicados en zonas rurales de difícil acceso, mientras que los municipios en color rojo, en general, corresponden a áreas urbanas.



Mapa 3. Probabilidad. Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA

La gráfica 3 presenta las estimaciones de los efectos aleatorios espaciales y temporales estructurados y no estructurados de las remesas per cápita municipales para el periodo analizado, para el modelo de interacción tipo II. La gráfica 3.a muestra las variaciones de los efectos espaciales estructurados que modelan la dependencia espacial asociada al nivel de remesas recibidas por los 132 municipios que integran la región noreste. En la gráfica 3.b puede verse el efecto espacial no estructurado, se trata de un efecto aleatorio intercambiabile (no estructurado) que modela el ruido no correlacionado entre áreas geográficas, es decir, modela las variaciones aleatorias no capturadas por la estructura espacial, para los 132 municipios a lo largo de los 6 años analizados (i.e. 792 estimaciones).

La gráfica 3.c presenta el efecto temporal estructurado para los seis años analizados, mientras que en la gráfica 3.d puede verse el efecto temporal no estructurado, mismo que captura las variaciones temporales aleatorias que no pueden ser modeladas por el calendario. El incremento observado en la gráfica 3.c captura el crecimiento temporal del valor medio de las remesas, mientras que el valor del parámetro estimado de los efectos temporales no estructurados refleja la incapacidad del modelo para capturar dichos efectos.



Gráfica 3. Efectos aleatorios espaciales y temporales del modelo de interacción tipo II. Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA

La reducción alcanzada en el AIC por el modelo de interacción tipo II, implica que el parámetro γ_{it} captura eficientemente la interacción entre los efectos espaciales y temporales (Schrödle & Held, 2011). Cuando las variaciones entre efectos espaciales y entre efectos temporales son relativamente grandes (i.e. al interior de cada uno de ellos), en comparación con la variación estimada entre los efectos espaciales y temporales (ver tabla 2), la estimación del término de interacción γ_{it} resulta de menor magnitud (Martins *et al.*, 2012) que la alcanzada por los efectos temporales y espaciales, por lo que, el termino de interacción es capaz de modelar la adecuadamente la dependencia espacio-temporal.

DISCUSIÓN

La contribución de este trabajo gira en torno al análisis de la evolución espacio-temporal de las remesas municipales de los estados del noreste mexicano, y en una aportación cuantitativa para determinar la importancia de la inclusión financiera en la dispersión territorial de remesas. El análisis realizado a través del modelo expuesto permite reconocer una conducta específica en la transmisión de los recursos producto de la migración en ese periodo de tiempo, es trascendente reconocer la capacidad en el análisis del pasado y poder reconocer condiciones propias del mercado de las remesas de la región, así como los elementos por considerar del valor de la información que ahora banco de México está sistematizando ante la relevancia del proceso migratorio en general y de manera específica del mercado de las transferencias desde el extranjero.

La presencia de las sucursales bancarias y de instituciones financieras, denominadas también como “dispersadoras” en los distintos municipios tendrán entonces una repercusión en los receptores de remesas de municipios sin sucursales, así como en un potencial incremento de remesas en su total regional. La inclusión financiera como política nacional responde a una necesidad provocada por la migración (también creada por carencias estructurales) para lo cual reproduce y utiliza las condiciones establecidas por el mercado de concentración en ciudades con baja inversión para nuevas sucursales y genera un traspaso de costos por el uso y manejo de ciertas tecnologías asociadas.

El proceso integro de inclusión también requiere de un desarrollo mayor en infraestructura de comunicación, (vías digitales), una expansión de las tecnologías de telecomunicación y un manejo funcional para los usuarios que se traduce en una sección de la educación financiera que no es un tema presente en la mayor parte de la población usuaria de algunos niveles de servicios financieros, aunque puede inferirse un manejo superficial de una mayoría de usuarios.

El modelo muestra los niveles de concentración de los montos en las instituciones asociadas al sistema financiero, adelgazando las remesas de otras vías como las de bolsillo, se deberá considerar que paralelamente existe un mercado no registrado de tránsito de recursos que pueden ser temporales y otros en especie, los primeros asociados a gastos colectivos o sociales, para el financiamiento a obra pública o festividades en las localidades migrantes, al que no define como gasto corriente y las segundas son los obsequios que se entregan directamente a las familias que pueden incluir electrodomésticos, herramientas, automóviles, entre otros objetos, sin registro económico de importación, así como pago de impuestos.

CONCLUSIONES

La estimación de los modelos espacio-temporales fue posible gracias al uso de la aproximación anidada integrada de Laplace implementada en el paquete INLA y disponible en lenguaje R. El uso de INLA aporta importantes ventajas computacionales respecto de otros paquetes basados en algoritmos como la cadena de Markov de Monte Carlo (MCMC) que redundan en una importante reducción del tiempo de procesamiento.

El trabajo interdisciplinario entre matemáticas y ciencias sociales, en concreto entre la estadística junto a la geo demografía permite reconocer la oportunidad, potencial del análisis más allá del resultado numérico del modelo y de la expresión espacial, ya que resulto indispensable la asociación como la asimilación de términos de y en ambas áreas para poder coordinar las interpretaciones, por lo que resulto directo el ajuste del proceso para el análisis matemático en variables accesibles, que expresen con cercanía los elementos conceptuales seleccionados, esto como parte del reconocimiento de un gran contexto resultado de la pobreza y desigualdad económica en el país.

El modelo conforma una base robusta para establecer una serie de comportamientos directos de la infraestructura de servicios financieros asociados a las transferencias originadas en otro país y producto de la migración. El tránsito de remesas por estas instituciones, ha ocasionado la concentración de estos servicios financieros en ciudades y en el sector bancario al reducir su paso por otras vías que no sean traspasos a cuentas de la banca comercial, esta concentración en ciudades y en instituciones se da a pesar de contar con segmentos poblacionales amplios a atender, sobre todo de bajos recursos y en contextos no urbanos como lo postula la inclusión financiera, el sector bancario requiere de múltiples elementos para la instalación, y continuidad de las sucursales en ciudades medianas o pequeñas, por lo que la instalación de nuevas sucursales es un ejercicio que no responde a la inclusión financiera de los grupos mencionados sino a una visión de mercado de los demandantes de estos servicios financieros.

A pesar de la concentración de recepción de remesas el incremento que han manifestado no responde completamente a elementos de inclusión o expansión de los servicios financieros, la dinámica de estas responde más a un mercado de trabajo en el destino de la migración y al comportamiento económico familiar en los lugares de origen (consumo). La demanda de servicios financieros asociados a la remesas como cuentas bancarias han desarrollado innovaciones y flexibilizaciones, para lograr posicionarse en el segmento de familias con migrantes se ha permitido la integración de nuevos actores bancarios e intermediarios que en conexión con remesadoras y por medio de servicios financieros bancarios logran hacer llegar estos recursos en tiempos cortos y ventajas dentro del mercado de las transferencias.

En la región noreste es evidente el peso que tiene la zona metropolitana de Monterrey, las zonas urbanas mayores de Saltillo y Ciudad Victoria, siguiendo las fronterizas como Matamoros, Reynosa, Nuevo Laredo y Piedras Negras, además existe una tendencia que acompaña a las remesas juntos con las sucursales bancarias en zonas con perfiles rurales e industriales, donde puede ser motivo de siguientes ejercicios de investigación sobre su perfil poblacional y sobre todo migratorio.

Por último, este tipo de investigación y el manejo de las herramientas estadísticas y espaciales pueden permitir a los ofertantes de servicios financieros identificar segmentos no solo poblacionales o territoriales sin atender, sino perfiles específicos de los instrumentos demandados y la potencial conexión con otros intermediarios para conformar un servicio y costos en red y de oferta de productos cruzados como pueden ser seguros de salud, créditos, pagos a terceros y otros de ahorro.

REFERENCIAS

- Alfaro, N.** (2010). *Principios para el Diseño de un Sistema Financiero Inclusivo*. Banco Internacional de Desarrollo. Foro Soluciones de Financiamiento Inclusivo. Panamá.
- Asmundson I.** (2011). Back to Basics, what are Financial Services? *IMF Finance and Development Magazine*. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2011/03/basics.htm>
- Banco de México** (2020). *Sistema de Información Económica, Balanza de pagos; Ingresos por remesas, distribución por municipio - (CE166)*. <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE166&locale=es>
- (2020). *Sistema de Información Económica, Financiamiento e información financiera de intermediarios financieros, Información operativa de la banca comercial por entidad federativa y municipio - (CF660)*. <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=19&accion=consultarCuadro&idCuadro=CF660&locale=es>
- Banco Interamericano de Desarrollo** (2009). *Cooperación Técnica: “Canal Alternativo de Distribución de Remesas para Pequeños Intermediarios Financieros Ecuatorianos”*. Quito.
- (2010). *Profundización de Servicios Financieros en zonas rurales*. Quito.
- BBV Research** (2021). Migración, México En 2020 crecieron las remesas 11.4%, pese a la crisis mundial por la pandemia. *Observatorio Migración México*. <https://www.bbvarsearch.com/publicaciones/mexico-en-2020-crecieron-las-remesas-114-pese-a-la-crisis-mundial-por-la-pandemia/?cid=eml:oem:oth:----48030--::lnkpubl:::20210202::oth:instant:>
- Bivand, Roger & Gómez Rubio, Virgilio & Rue, Håvard.** (2015). Spatial Data Analysis with R-INLA with Some Extensions. *Journal of statistical software*. 63.1-31.
- Blangiardo, M., Cameletti, M.** (2013). *Bayesian Spatio and Spatio-Temporal Models with R-INLA*. Wiley.
- Blangiardo, M., Cameletti, M., Baio, G., & Rue, H.** (2013). Spatial and spatio-temporal models with R-INLA. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 4, 33–49. <https://doi.org/10.1016/j.sste.2012.12.001>
- Buchenau J.** (2010). Nuevas tecnologías y canales para la Inclusión Financiera. En *Inclusión Financiera y desarrollo social: nuevos caminos para poner los servicios bancarios al alcance mundial de todos*. <https://silo.tips/download/nuevas-tecnologias-y-canales-para-la-inclusion-financiera>
- Mendoza-Cota, J., & Calderón-Villarreal, C.** (2006). Impactos Regionales De Las Remesas En el crecimiento económico de México. *Papeles De Población*, 12(50). Consultado de <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/8654>

- Central Bank of Brazil.** (2010). *Relatório de Inclusão Financeira*. Brasilia: Central Bank of Brazil.
- Consultative Group to Assist the Poor,** World Bank Group. (2010). *Financial Access 2010: The state of financial Inclusion through the crisis*. Washington, EUA.
- Consejo Nacional de Población.** (2010). Monto de remesas familiares anuales, 1990-2006. *Índice de Intensidad Migratoria, Consejo Nacional de Población* (2010). http://www.conapo.gob.mx/mig_int/s2008/material/o8_01_01.xls.
- Dittus P Klein M.** (2011). On harnessing the potential of financial inclusion, *BIS Working Papers* (347). www.bis.org/publ/work347.html
- Fajury L. Gomez A.** (2009). *Corresponsales no bancarios, manual genérico y mejores prácticas*. Bogota, Colombia. USAID / Programa midas- Acción social.
- Fernández de lis S.** (2011). Visión del desarrollo del sector Financiero y sus principales retos en América Latina y el Caribe. *Diálogo Regional de Política de la Red de Regulación Bancaria*. BID, ASBA y FELABAN, Washington, EUA.
- Gardeva A., Rhyne E.** (2011). *Oportunidades y obstáculos para la inclusión financiera*. Centro para la Inclusión Financiera, Acción Internacional. (12). https://content.centerforfinancialinclusion.org/wp-content/uploads/sites/2/2018/08/opportunities-and-obstacles-to-financial-inclusion_spanish.pdf
- Levine, R., Loayza, N. Beck, T.** (2000). Financial Intermediation and growth: causality and causes. *Journal of Monetary Economics*, August 2000(16), 1: 31-77.
- Martino, S. and Rue, H.** (2009) Implementing Approximate Bayesian Inference Using Integrated Nested Laplace Approximation: *A Manual for the Inla Program*. Department of Mathematical Sciences. Norway. <http://www.math.ntnu.no/hrue/GMRFLib>
- Martins, T. G., Simpson, D., Lindgren, F., & Rue, H.** (2013). Bayesian computing with INLA: New features. *Computational Statistics & Data Analysis*, 67, 68-83. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.04.014>
- Mas, I. Siedek H.** (2008). *Banking through networks of retail agents*. Focus Note 47. Washington, D.C.: CGAP. <https://www.cgap.org/sites/default/files/CGAP-Focus-Note-Banking-Through-Networks-of-Retail-Agents-May-2008.pdf>
- Pérez C.** (2015). La inclusión financiera en las regiones migratorias de Hidalgo. En Hernández T, González A. estrada R. Moreno H. (Coord.) *Cambios e innovación: una visión estratégica para el desarrollo*. (2015). Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.
- Pérez C.** (2014). Las remesas indígenas como complemento al ingreso y sus mecanismos de uso y recepción. en González J. Bernardino J. y Adán

- B. (Coords.) *Hitos Demográficos del Siglo XXI: Migración Internacional*. México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Rue, H., Martino, S., Chopin, N.** (2009). Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. *Journal of the Royal Statistical Society Series B* 71(2), 1-35.
- Rue, H., Held, L.** (2005). *Gaussian Markov Random Fields. Theory and Applications*. Chapman & Hall.
- Schrödle, B., Held L.** (2011). Spatio-temporal disease mapping using INLA. *Environmetrics*, 22(6), 725-734.
- Siedek, H.** (2007). *Banking agents part III: Market reach*. http://www.cgap.org/gm/document-1.9.2115/agents_marketreach.pdf
- Siedek, H.** (2007b). *Banking agents to reach the unbanked*. <http://acri-mena.org/Files/Banking%20agents%20to%20reach%20the%20unbanked%20-%2007.pdf>
- Tobler, W. R.** (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234-240. <https://doi.org/10.2307/143141>

DOCUMENTO
ACADÉMICO

Reseña: Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente¹

Review: Memorias universitarias. Imágenes del pasado y
voces del presente

—

Fernando Daniel Durán Ruiz
fernando.duran@unach.mx

Carolina Palacios Reyes
carolpreyes3098@gmail.com

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO

¹ Natarén Nandayapa, Carlos F. (Coordinador). (2022). *Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente*. Universidad Autónoma de Chiapas.

Para citar este artículo:

Durán Ruiz, F. D., & Palacios Reyes, C. (Reseña) Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(34). <https://doi.org/10.31644/IMASD.34.2023.a06>

La historia contemporánea de la Universidad Autónoma de Chiapas se encuentra permeada por distintos momentos y lugares simbólicos que confieren, al espacio en donde se dieron, la importancia para ser recordados. Por ello, el libro *Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente* (UNACH, 2022) aborda estas esferas sociales para pensar el pasado, así como la reflexión en torno a los momentos fundacionales en donde la correlación entre la tradición y los proyectos de futuro se analizan con una perspectiva actual.

En este sentido, el libro reúne a investigadores y actores de la vida universitaria, quienes han sido parte de los inicios de la institución, cuyo interés principal es ahondar en el papel de la UNACH en la conformación de la sociedad chiapaneca actual. Mediante fotografías, entrevistas y anécdotas, dichos actores narran su experiencia de cómo se fue conformando una rica historia universitaria y logran transmitir, con agudeza y reflexión, una visión honesta y realista de la vida y cultura universitaria. Además, esta obra propone llevar a cabo este ejercicio retrospectivo a través del reconocimiento de la identidad universitaria e identificación de las transformaciones sustantivas. Bajo esta perspectiva, como señaló Edensor (1997) “la memoria se conforma a través de valores icónicos que originan y crean sentidos en términos sociales para la memoria colectiva”.

La obra se compone de 24 artículos y se divide en tres secciones: la génesis, la consolidación y el futuro. La primera, «La integración vital. Las primeras escuelas», aborda los orígenes de la UNACH y su desarrollo en las primeras décadas de existencia, corresponde a las principales estructuras académicas de la segunda mitad del siglo XX. La segunda «Caminos del reconocimiento. 48 años de historia con la sociedad», analiza el crecimiento de la institución en las últimas décadas y su papel en la sociedad chiapaneca, el desarrollo y crecimiento sostenido de la Universidad Autónoma de Chiapas y los lugares conmemorativos. Finalmente, la tercera, «La universidad y su transformación de cara al futuro», reflexiona con prospectiva sobre los retos y oportunidades de la enseñanza superior que enfrenta la máxima casa de estudios del estado de Chiapas en el siglo XXI.

Esta obra, que alberga 48 años de vida institucional, se acerca a su quincuagésimo aniversario, refleja la evolución de la universidad en términos académicos, científicos, culturales y de servicio a la sociedad chiapaneca.

Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente pone el acento en la impronta de conocer el pasado y saber quiénes somos, al resignificar la génesis de nuestra alma máter. La dinámica que permea el libro y rige los trabajos, es el fuerte compromiso con los jóvenes para materializar la construcción de una institución de educación superior y un mensaje de celebración y compromiso por parte de la UNACH.

Por último, el lector encontrará en estas páginas que la identidad universitaria brota en la escena como una especie de ecuación entre gratitud y reconocimiento. *Memorias universitarias. Imágenes del pasado y voces del presente* editado por la misma casa de estudios se encuentra disponible en edición impresa y en formato digital como parte de la Colección Letras sin Papel de la Revista de Divulgación Científica Espacio I+D: Innovación más desarrollo, en acceso abierto para libre consulta y descarga.

REFERENCIAS

- Edensor, T.** (1997). National identity and the politics of memory: remembering Bruce and Wallace in symbolic space. *Environment and Planning D: Society and Space*, (29), 175-194.