

VOLUMEN 19

NÚMERO 1 JUL-DIC  
2024

## Interacción con ecosistemas para su conservación:

Participación de monitores  
comunitarios en ANP ▶ 32

Ingresos y egresos de  
fauna silvestre en CIVS ▶ 15

Plantas medicinales...  
una alternativa ▶ 61

INFORMACIÓN PARA EL MUNDO  
DESDE TU UNIVERSIDAD



[www.revistaciencia.uat.edu.mx](http://www.revistaciencia.uat.edu.mx)

**Tel. (834) 3181800 ext. 2905**  
**e-mail: [cienciauat@uat.edu.mx](mailto:cienciauat@uat.edu.mx)**

# Directorio

**MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado**

**Rector**

**Universidad Autónoma de  
Tamaulipas**

**Dr. Eduardo Arvizu Sánchez**

**Secretario General**

**Dr. Fernando Leal Ríos**

**Secretario de Investigación y Posgrado**

**Dra. Rosa Issel Acosta González**

**Secretaria Académica**

**Dr. Arturo Mora Olivo**

**Secretario Técnico del Consejo de  
Publicaciones UAT**

*CienciaUAT. Año: 2024, Volumen: 19, Número: 1, julio-diciembre. Publicación multidisciplinaria semestral editada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, a través del Consejo de publicaciones de la Secretaría de Investigación y Posgrado, Matamoros S/N, Zona Centro, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87000; Tels. (834) 3181800 y 3181700, ext. 2905. Página web: <https://revistaciencia.uat.edu.mx> y correo electrónico: [cienciauat@uat.edu.mx](mailto:cienciauat@uat.edu.mx). Editor responsable: Dr. José Alberto Ramírez de León. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-053110082800-203, ISSN impreso: 2007-7521, ISSN electrónico: 2007-7858; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Dr. José Alberto Ramírez de León. Fecha de la última modificación: 19 de julio de 2024.*

*Se permite la reproducción del contenido para actividades no comerciales dando los créditos correspondientes a la revista CienciaUAT. Los artículos e investigaciones son responsabilidad de los autores.*

# Prólogo

## Estimados lectores:

Estimados lectores, es satisfactorio informar que CienciaUAT continúa incrementando gradualmente su visibilidad y factor de impacto, motivo por el cual permanece indizada en bases de datos de calidad como el Web of Science, Journal Citation Reports y el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del CONAHCYT. Esto es, gracias a la preferencia que nos confieren los autores para compartir con la comunidad científica sus logros, y a ustedes, que, como lectores, analizan el contenido, lo descargan, y cuando corresponde, lo utilizan para fortalecer su propia generación de conocimiento.

En este número, compartimos con ustedes material muy interesante. En el área de Física, Matemáticas y Ciencias de la Tierra, los autores presentan la zonificación del subsuelo del sur de Tamaulipas mediante un mapa geotécnico, elaborado con un sistema de información geográfica, el cual sirve para detectar vulnerabilidades y mitigar riesgos.

En el área de Biología y Química se da a conocer el manejo de la fauna silvestre que es capturada y llevada a los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre de México; y la importancia que tienen los monitores comunitarios en el desarrollo de proyectos de investigación dentro de 3 áreas naturales protegidas de México, así como el uso potencial de plantas medicinales para el tratamiento de la *fasciolosis*.

En Medicina y Ciencias de la Salud, se analizan las bebidas azucaradas que se ofrecen a los menores en sus loncheras, por parte de sus padres, y su posible asociación con la presencia y desarrollo de riesgo cardiometabólico.

En Humanidades y Ciencias de la Conducta, se describe el acceso y uso de las tecnologías digitales que tuvieron los estudiantes de primaria con discapacidad durante la pandemia de COVID-19.

En el área de Ciencias Sociales, se reporta la presencia de tecnostres, tecnoadicción y tecnodependencia en la población usuaria de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y el efecto que tienen en su salud. También, se determinan las ventajas de utilizar un agente conversacional que responda a preguntas frecuentes de los estudiantes para facilitarles el aprendizaje del lenguaje C; y se propone un modelo que permita evaluar la forma en que las capacidades dinámicas impactan en el proceso de competitividad empresarial. Además, se establecen cuáles son las competencias digitales que se desarrollan con base en el género de los estudiantes.

En el área de Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, los investigadores proponen un método de enriquecimiento del aceite de oliva con compuestos bioactivos a través de la maceración enzimática del pimiento rojo. También analizan los tipos de péptidos bioactivos que se han obtenido del frijol y los beneficios que tienen en la salud.

Esperamos sea de su agrado este ejemplar, como todos los anteriores.

Verdad, Belleza, Probidad



**MVZ MC Dámaso Leonardo  
Anaya Alvarado**  
Rector  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

## EDITOR RESPONSABLE

Dr. José Alberto Ramírez de León (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*  
 E-mail: ramirez@uat.edu.mx

## EDITORES DE INGLÉS

Dr. Alberto Mora Vázquez (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

Dra. Nelly Paulina Trejo Guzmán (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

FÍSICA, MATEMÁTICAS  
Y CIENCIAS DE LA TIERRA

Dra. Evelia Reséndiz Balderas (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Héctor Vázquez Leal (SNI III)  
*Universidad Veracruzana, México*  
 Dr. José Alberto Batista Rodríguez (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Coahuila, México*



## BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Dr. Arturo Mora Olivo (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Chapingo, México*  
 Dra. Elisa Serviere Zaragoza (SNI II)  
*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., México*  
 Dr. Enrique Jurado Ybarra (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*  
 Dr. Enrique Richard  
*Universidad San Gregorio de Portoviejo, Calceta, Manabí, Ecuador*  
 Dr. Enrique Ruiz Cancino (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Gildardo Rivera Sánchez (SNI III)  
*Instituto Politécnico Nacional, México*  
 Dr. Javier Jiménez Pérez (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*  
 Dra. Juana María Coronado Blanco (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Lía Celina Méndez Rodríguez (SNI II)  
*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México*  
 Dr. Manuel León Camacho  
*Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España*  
 Dr. Víctor López Martínez (SNI II)  
*Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México*  
 Dra. María Guadalupe Aguilar Uscanga (SNI II)  
*Instituto Tecnológico de Veracruz, México*

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA  
SALUD

Dr. Aldo Fidel Izaguirre Hernández  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Amaury de Jesús Pozos Guillén (SNI III)  
*Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México*  
 Dr. Carlos Javier Pineda Villaseñor (SNI III)  
*Instituto Nacional de Rehabilitación, México*  
 Dr. Francisco Vázquez Nava (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Guillermo Manuel Ceballos Reyes (SNI III)  
*Instituto Politécnico Nacional, México*  
 Dr. Juan Miguel Jiménez Andrade (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Montserrat Bacardi Gascón (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Baja California, México*  
 Dra. Octelina Castillo Ruiz (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Sandro Fernandes Da Silva  
*Universidade Federal de Lavras, Brasil*  
 Dr. Virgilio Bocanegra García (SNI II)  
*Instituto Politécnico Nacional, México*

HUMANIDADES Y  
CIENCIAS DE LA CONDUCTA

Dr. Fernando Flores Camacho (SNI II)  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
 Dr. José Luis Ybarra Sagarduy (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Marcela Alejandra Tiburcio Sainz (SNI II)  
*Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, México*  
 Dra. María Guadalupe Moreno Bayardo (SNI II)  
*Universidad de Guadalajara, México*  
 Dra. María Elena Rivera Heredia (SNI I)  
*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*  
 Dra. María Elena Teresa Medina-Mora Icaza (SNI III)  
*Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, México*  
 Dr. Octavio Herrera Pérez (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Rubén Salvador Roux Gutiérrez (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Coahuila, México*



## CIENCIAS SOCIALES

Dr. Aidé Aracely Maldonado Macías (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México*  
 Dr. Antonio Hidalgo Nuchera  
*Universidad Politécnica de Madrid, España*  
 Dr. Arturo Zárate Ruiz  
*El Colegio de la Frontera Norte, México*  
 Dra. Cirila Quintero Ramirez (SNI III)  
*Colegio de la Frontera Norte de Tamaulipas, México*  
 Dr. Ernesto Aguayo Téllez (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*  
 Dr. Francisco García Fernández (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Guadalupe Correa Cabrera  
*George Mason University, Estados Unidos*  
 Dra. Guillermina Natera Rey (SNI III)  
*Secretaría de Salud, México*  
 Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*  
 Dr. José Antonio Aparisi Caudeli  
*Universidad de Valencia, España*  
 Dr. Juan Alfredo Tuesta Panduro  
*Universidad Privada del Norte, Perú*  
 Dra. Julieta María Ana Quilodrán Salgado (SNI II)  
*El Colegio de México, México*  
 Dra. Karla Lorena Andrade Rubio (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Lucila Hinojosa Córdova (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*  
 Dra. María Isabel de la Garza Ramos (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Miguel Díaz Barriga  
*University of Texas Rio Grande Valley, Estados Unidos*  
 Dra. Mónica Lorena Sánchez Limón (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Mónica Regina De Arteché  
*Universidad de San Andrés, Argentina*  
 Dr. Oscar Misael Hernández Hernández (SNI II)  
*Colegio de la Frontera Norte de Tamaulipas, México*  
 Dr. Rodolfo Casillas Ramírez  
*Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México*  
 Dr. Simón Pedro Izcara Palacios (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Karla Villarreal Sotelo (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

BIOTECNOLOGÍA Y  
CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Alejandro Espinosa Calderón (SNI III)  
*Tecnológico Nacional de México, México*  
 Dra. Ana Belén Moldes Menduina  
*Universidad de Vigo, España*  
 Dr. Carlos Alberto Gómez Aldapa (SNI II)  
*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*  
 Dra. Elizabeth Carvajal Millán (SNI III)  
*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC, México*  
 Dr. Enrique Márquez Ríos (SNI III)  
*Universidad de Sonora, México*  
 Dra. Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Francisco Guevara Hernández (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Chiapas, México*  
 Dr. Francisco Infante Martínez (SNI II)  
*El Colegio de la Frontera Sur, México*  
 Dr. Gonzalo Velazquez de la Cruz (SNI III)  
*Instituto Politécnico Nacional, México*  
 Dr. Iván Moreno Andrade (SNI II)  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
 Dr. Jaime Salinas Chavira (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Jesús Genaro Sánchez Martínez (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. José Alberto Gallegos Infante (SNI III)  
*Instituto Tecnológico de Durango, México*  
 Dr. José Manuel Cruz Freire  
*Universidad de Vigo, España*  
 Dr. Juan Arturo Ragazzo Sánchez (SNI III)  
*Instituto Tecnológico de Tepic, México*  
 Dr. Juan Carlos Martínez González (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Juan L. Silva  
*Mississippi State University, Estados Unidos*  
 Dr. Julio Martínez Burnes (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Luis Angel Rodríguez del Bosque (SNI III)  
*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México*  
 Dr. Manuel Vázquez Vázquez  
*Universidad de Santiago de Compostela, España*  
 Dra. María Jesús Alcalde Aldea  
*Universidad de Sevilla, España*  
 Dra. Montserrat Calderón Santoyo (SNI II)  
*Instituto Tecnológico de Tepic, México*  
 Dr. Netzahualcoyotl Mayek Pérez (SNI III)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Rocio Margarita Uresti Marin (SNI I)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Roberto Pérez Castañeda (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dra. Rosa María Oliart Ros (SNI III)  
*Instituto Tecnológico de Veracruz, México*  
 Ph. D. Rubén Francisco González Laredo (SNI III)  
*Tecnológico Nacional de México, México*



## INGENIERÍAS

Dr. Eduardo Morales Sánchez (SNI II)  
*Instituto Politécnico Nacional, México*  
 Dr. Daniel Alberto May Arrijoja (SNI III)  
*Centro de Investigaciones en Óptica, México*  
 Dr. Marco Antonio Panduro Mendoza (SNI II)  
*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México*  
 Dr. Ramón Ventura Roque Hernández (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*  
 Dr. Rodolfo Abraham Pazos Rangel (SNI II)  
*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, México*  
 Dr. Rumen Ivanov Tsonchev (SNI II)  
*Universidad Autónoma de Zacatecas, México*

## FÍSICA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA

### 06 Zonificación del subsuelo en el sur de Tamaulipas

Subsoil zoning in southern Tamaulipas

Julio César Rolón-Aguilar

Yuridia Azucena Salmerón-Gallardo

Rocío del Carmen Vargas-Castilleja

## BIOLOGÍA Y QUÍMICA

### 15 Ingresos y egresos de fauna silvestre en Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre de México durante 2005-2020

Admissions and outcomes of wildlife in Centers for the Conservation and Research of Wildlife in Mexico during 2005-2020

Jesús Ignacio Castro-Salazar

José Luis Carpio-Domínguez

Inés Arroyo-Quiroz

### 32 Los monitores comunitarios y su participación en proyectos de investigación: Estudio de caso en tres áreas naturales protegidas de México

Community monitors and their participation in research projects: Case study in three natural protected areas in Mexico

Frida Carmina Caballero-Rico

Vicente Paul Saldivar-Alonso

Rubén Ortega-Álvarez

José Alberto Ramírez-de-León

### 61 Uso de plantas medicinales como una alternativa para el tratamiento de la fasciolosis

Use of medicinal plants as an alternative for the treatment of fasciolosis

Joseline Licona-Hernández

José Ignacio Olave-Leyva

Deyanira Ojeda-Ramírez

## MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

### 74 Identificación de bebidas azucaradas que los padres agregan a los refrigerios de sus hijos y su relación con el riesgo cardiometabólico en escolares

Identification of sugar-sweetened beverages that parents add to their children's snacks and the relationship with cardiometabolic risk in schoolchildren

Estrella Cerecedo-Lugo

SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo

Ana Luisa González-Pérez

Octelina Castillo-Ruíz

## HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA CONDUCTA

### 85 Acceso y uso de tecnologías digitales durante la pandemia de COVID-19: experiencia de estudiantes de primaria con discapacidad

Access and use of digital technologies during the COVID-19 pandemic: experience of primary school students with disabilities

María Consuelo Lemus-Pool

César Bárcenas-Curtis

Arely Socorro Millán-Orozco

## CIENCIAS SOCIALES

### 103 Tecnoestrés, tecnoadicción, tecnodependencia y sus consecuencias para la salud en tiempos modernos

Technostress, technology addiction, technodependence and its health consequences in modern times

Erika Villavicencio-Ayub

Melissa García-Meraz

Eliana Quiroz-González

### 124 Agente conversacional como herramienta de apoyo en el aprendizaje del lenguaje C.

Conversational agent as a support tool for learning C Language

Ma. Rosario Vázquez-Aragón

Patricia Zavaleta-Carrillo

Ulises Barradas-Arenas

Gloria del Jesús Hernández-Marín

### 140 Modelo de regresión lineal PLS-SEM para evaluar el efecto de las capacidades dinámicas en el proceso de mejoramiento de la competitividad en las empresas

PLS-SEM linear regression model to evaluate the effect of dynamic capabilities in the process of improving competitiveness in companies

Rafael García-Martínez

Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga

Salvador Anacleto Noriega-Morales

### 157 El género y su relación en las competencias digitales de los estudiantes universitarios

Gender and its relationship to digital skills among university students

Leticia del Carmen Ríos-Rodríguez

Zenona Jezabel Hernández-Leyva

Leocadio Guadalupe Martínez-Alarcón

Leonel Ruvalcaba-Arredondo

## BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

### 170 Enriquecimiento de aceite de oliva con carotenoides del pimiento rojo (*Capsicum anuum* L.) por maceración enzimática

Enrichment of olive oil with carotenoids from red pepper (*Capsicum anuum* L.) by enzymatic maceration

Erik Alberto Báez-Hernández

Samuel García-Díaz

Frixia Galán-Méndez

Laura Acosta-Domínguez

### 182 Péptidos bioactivos derivados de las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Bioactive peptides derived from bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.)

Raúl Reyes-Bautista

José de Jesús Flores-Sierra

Luis Ángel Xoca-Orozco



Imágenes de: Alexander Torres Pérez

# Zonificación del subsuelo en el sur de Tamaulipas

## Subsoil zoning in southern Tamaulipas

Julio César Rolón-Aguilar, Yuridia Azucena Salmerón-Gallardo, Rocío del Carmen Vargas-Castilleja\*

### RESUMEN

El estudio del subsuelo es fundamental en el diseño y construcción de infraestructuras. El objetivo de este trabajo consistió en zonificar el subsuelo mediante sistemas de información geográfica hacia un mapa geotécnico del sur de Tamaulipas. Se integraron los datos espaciales, obtenidos de 347 sondeos de penetración estándar (SPE), provenientes de 119 estudios geotécnicos realizados de 2011 a 2018. La información generada permitió la construcción de 20 unidades de análisis referenciadas para el área conurbada de Altamira, Tampico y Ciudad Madero, con las que se desarrolló un mapa de zonificación del subsuelo en grupos geotécnicos: zona A: arcillas, limos y arenas; zona B: arcillas arenosas; zona B': arcillas de alta plasticidad y zona C: arena arcillosa. La información originada a través de las unidades de análisis y el mapa de zonificación, se proyecta con utilidad para estudios posteriores de exploración geotécnica.

**PALABRAS CLAVE:** geodatos, sondeos, zonificación.

### ABSTRACT

Studying the subsoil is essential in the design and construction of infrastructure. The objective of this work was to zone the subsoil using geographic information systems towards a geotechnical map of southern Tamaulipas. The spatial data were integrated from 347 standard penetration test (SPT) boreholes, derived from 119 geotechnical studies conducted from 2011 to 2018. The generated information enabled the construction of 20 referenced analysis units for the metropolitan area of Altamira, Tampico and Ciudad Madero, developing a zoning map of the subsurface into geotechnical groups: zone A: clays, silts and sands; zone B: sandy clays; zone B': highly plastic clays and zone C: clayey sand. The information generated through the analysis units and zoning map is projected to be useful for subsequent geotechnical exploration studies.

**KEYWORDS:** geodata, boreholes, zoning.

\*Correspondencia: [rocvargas@docentes.uat.edu.mx](mailto:rocvargas@docentes.uat.edu.mx)/Fecha de recepción: 21 de marzo de 2024/Fecha de aceptación: 9 de julio de 2024/ Fecha de publicación: 16 de julio de 2024.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería Tampico, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Centro Universitario Sur, Tampico, Tamaulipas, México, C. P. 89109.

## INTRODUCCIÓN

La geotecnia es indispensable para la determinación de propiedades físicas y mecánicas debido al efecto que ejercen en infraestructura civil como edificios, carreteras y puentes (Safari y Matsuoka, 2013; Braja, 2015). En este sentido, la estratificación del suelo como filtro natural de la Tierra (Ciurleo y col., 2017) y el sondeo de penetración estándar (SPE) como método de exploración, permite identificar zonas propensas a fallos por capacidad de carga del terreno (Fern y col., 2018; Mohan y col., 2024), traducéndose en construcciones adaptables (Zhou y col., 2022).

Los estudios de mecánica de suelos (EMS) son imprescindibles en ingeniería geotécnica (Wan-Mohamad y Abdul-Ghani, 2011; Cariolet y col., 2019). De ahí que, la zonificación es relevante para el conocimiento de suelos predominantes (Samadian y Fakher, 2016; Napoli y col., 2022). Al respecto, el empleo de sistemas de información geográfica (SIG) facilita el mapeo de información referenciada (Hipólito-Ojalvo y col., 2019; Kim y col., 2021), y coadyuva en el monitoreo de riesgos como asentamientos de tierra (Failache y Zquette, 2018; Bortolozzo y col., 2019; Robbins y col., 2021).

En el contexto nacional, Juárez-Camarena y col. (2016), renovaron la zonificación del Valle de México, validando que las perforaciones geotécnicas reducen la subjetividad de interpretaciones estratigráficas tradicionales. En el ámbito local, Benavides y col. (1973), catalogaron el subsuelo del área urbana de Tampico y Ciudad Madero, Tamaulipas, enfatizando la compilación de sondeos exploratorios para evaluación geotécnica. Sin embargo, existe ausencia de datos, con excepción de la clasificación fundada en la VI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos (la cual obtuvieron en ese estudio) sin actualizaciones subsecuentes, explicado por altos costes.

El objetivo de esta investigación fue zonificar el subsuelo mediante sistemas de in-

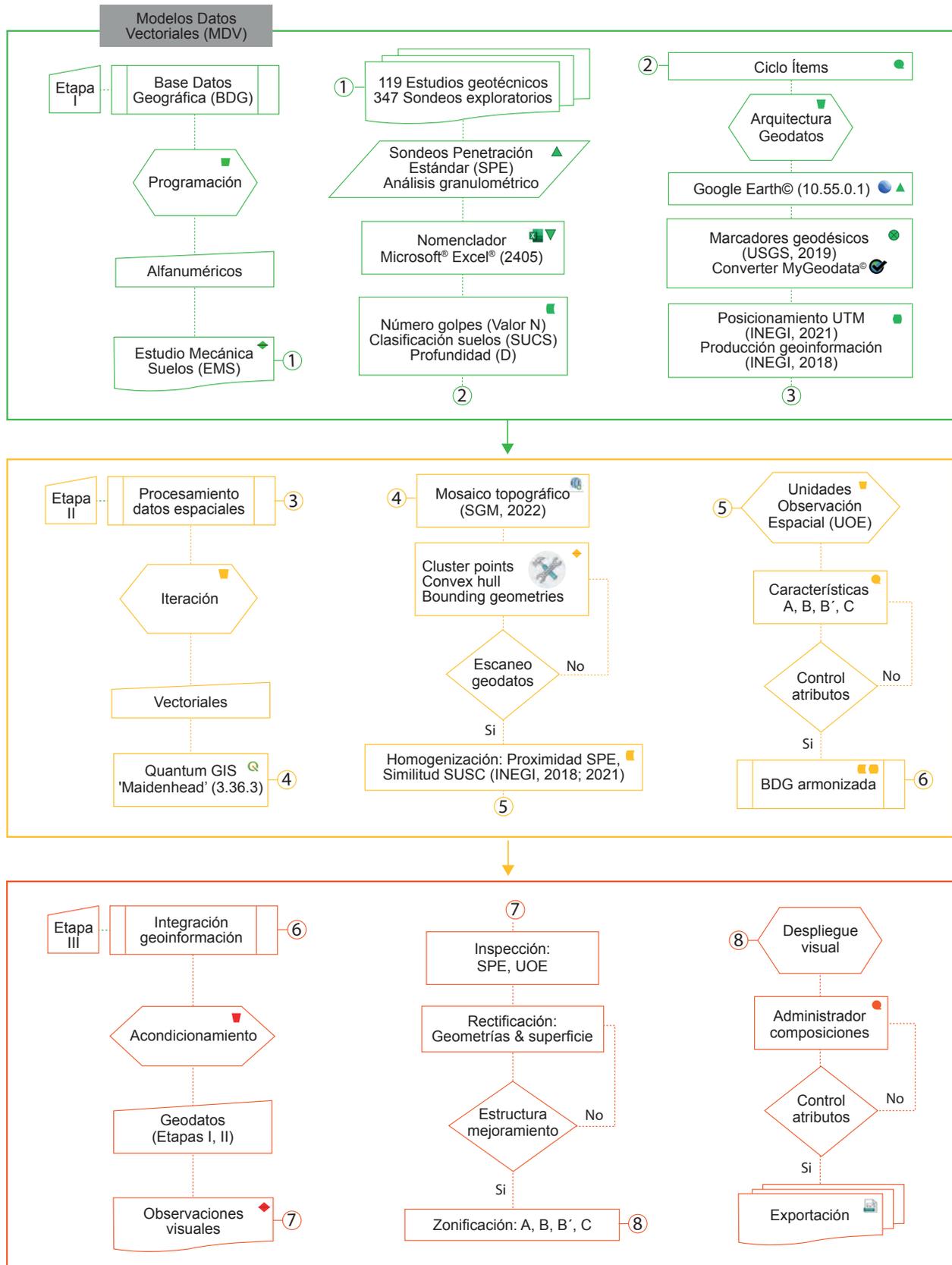
formación geográfica hacia un mapa geotécnico del sur de Tamaulipas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó el procesamiento fundamentado en diccionarios de datos topográficos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018; 2021), determinados como instrumentos complementarios de las Normas Técnicas en Materia Geográfica (NTMG) para regular el modelo de datos vectoriales (MDV) como un paquete de reglas de entidades abstraídas del mundo real (INEGI, 2018; 2021); normalizando el tratamiento y la producción de geoinformación hacia un entorno digital homogéneo (USGS, 2019; INEGI, 2021). La Figura 1, concentra la estructura operativa constituida por las etapas que subsecuentemente se describen:

**Etapas I.** Se desarrolló una base de datos geográfica (BDG) en el programa de hojas de cálculo Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO, versión 2405, indexando 119 EMS realizados entre 2011 a 2018 por una empresa de servicios de ingeniería; facilitados para uso académico, con 347 SPE que incluían ensayo granulométrico y número de golpes (valor N), utilizados para la arquitectura de entidades geométricas con lineamientos de Kang-Tsung (2013) en el SIG Google Earth®, versión 10.55.0.1.

**Etapas II.** Se transformaron datos estructurados en lenguaje de marcado extensible (XML, por sus siglas en inglés: Extensible Markup Language) a información geoespacial de puntos, líneas y polígonos (.shp, por sus siglas en inglés: Shapefile) en el conversor con licencias de código abierto MyGeodata®; instalando un escaneo de proyecciones (USGS, 2019), geometrías y transferencia de atributos agregados al mosaico topográfico del Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2022). El modelo de datos vectoriales definió un control armonizado por proximidad de perforaciones y similitud granulométrica (INEGI, 2018; 2021); para ello, en Quantum GIS 'Maidenhead', versión 3.36.3, se optimizó la BDG



Fuente: modificado a partir de INEGI (2018; 2021).

■ **Figura 1. Estructura operativa por etapas metodológicas.**  
 Figure 1. Operational structure by methodological stages.

y se manipuló la herramienta clúster points para agrupar sondeos; Convex hull y bounding geometries para geometrías de límite y cierre convexo de unidades de observación espacial (UOE) (USGS, 2019; INEGI, 2021).

**Etapas III.** Se integraron las Etapas I, II con atributos vectoriales que proyectan coordenadas de SPE y perfilan unidades geoespaciales. En verificaciones de campo del 26 de agosto de 2023 al 25 de noviembre de 2023, se llevaron a cabo observaciones visuales, examinando contornos de UOE para el mejoramiento cartográfico sin hincar rutas concretas (INEGI, 2018; 2021).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo de datos vectoriales originado con 119 EMS creó una BDG con 347 entidades geométricas, generando interrelaciones para la construcción de 20 unidades de análisis (Tabla 1) que delimitan la trayectoria de zona: A, B, B', C, ofreciendo una aproximación de cartografía geotécnica que contempla condiciones *in situ* (Figura 2).

**Zona A.** Presenta arcillas, limos orgánicos, arenas y compacidad suelta. La superficie explorada (04.85 km<sup>2</sup>) abarca las unidades A-01 y G-18 en el sector urbano y lagunar de Tampico (Tabla 1). En estado natural el valor N se registra en el orden de 1 a 5 golpes a una profundidad máxima de 42.0 m (Tabla 2). Las modificaciones antrópicas como la compactación para desplante de infraestructuras (Safani y Matsuoka, 2013), tienen un efecto adicional de inseguridad aunado al nivel freático y baja resistencia al esfuerzo cortante que puede causar fallos por asentamientos diferenciales (Kim y col., 2021).

**Zona B.** Presenta arcilla, arcillas arenosas y sedimentos acumulados por escurrimientos (Gobierno del Estado, 2020). La superficie explorada (15.70 km<sup>2</sup>) abarca las unidades G-13, G-15 a G-17 en el área urbana de Tampico (Tabla 1). El valor N se registra en el orden de 08 a 20 golpes a una profundidad máxima de 17.4 m (Tabla 2). Las arcillas y

arcillas arenosas indican resistencia moderada al esfuerzo cortante (Cariolet y col., 2019), mientras que, los afloramientos de la Formación Mesón son una base estable y desafíos para la excavación (Hipólito-Ojalvo y col., 2019).

**Zona B'.** Presenta arcillas, arcilla arenosa, arenas arcillosas y roca blanda. La superficie explorada (34.40 km<sup>2</sup>) abarca las unidades B-01, G-09 y G10 en el área urbana de Altamira donde se planea el crecimiento urbano (Gobierno del Estado, 2020), (Tabla 1). El valor N se registra en el orden de 08 a 20 golpes a una profundidad máxima de 12.0 m (Tabla 2). La roca blanda y arcillas de alta plasticidad requerirán técnicas de mejoramiento por asentamientos diferenciales (Samadian y Fakher, 2016); lo cual, deberá ser considerado en la planificación de proyectos de construcción (Zhou y col., 2022).

**Zona C.** Presenta arena arcillosa, arena fina y microfósiles (SGM, 2022). La superficie explorada (103.30 km<sup>2</sup>) abarca las unidades G-01 a G-08, G-11, G-12 y G-14 en el área urbana y costera de Ciudad Madero y Altamira (Tabla 1). El valor N se registra en el orden de 3 a 20 golpes a una profundidad máxima de 30.0 m (Tabla 2). La variabilidad de resistencia al esfuerzo cortante, alta deformabilidad y vulnerabilidad a la licuefacción por eventos sísmicos como factor desencadenador, pueden provocar pérdida de resistencia de las arenas produciendo asentamientos y fallos estructurales.

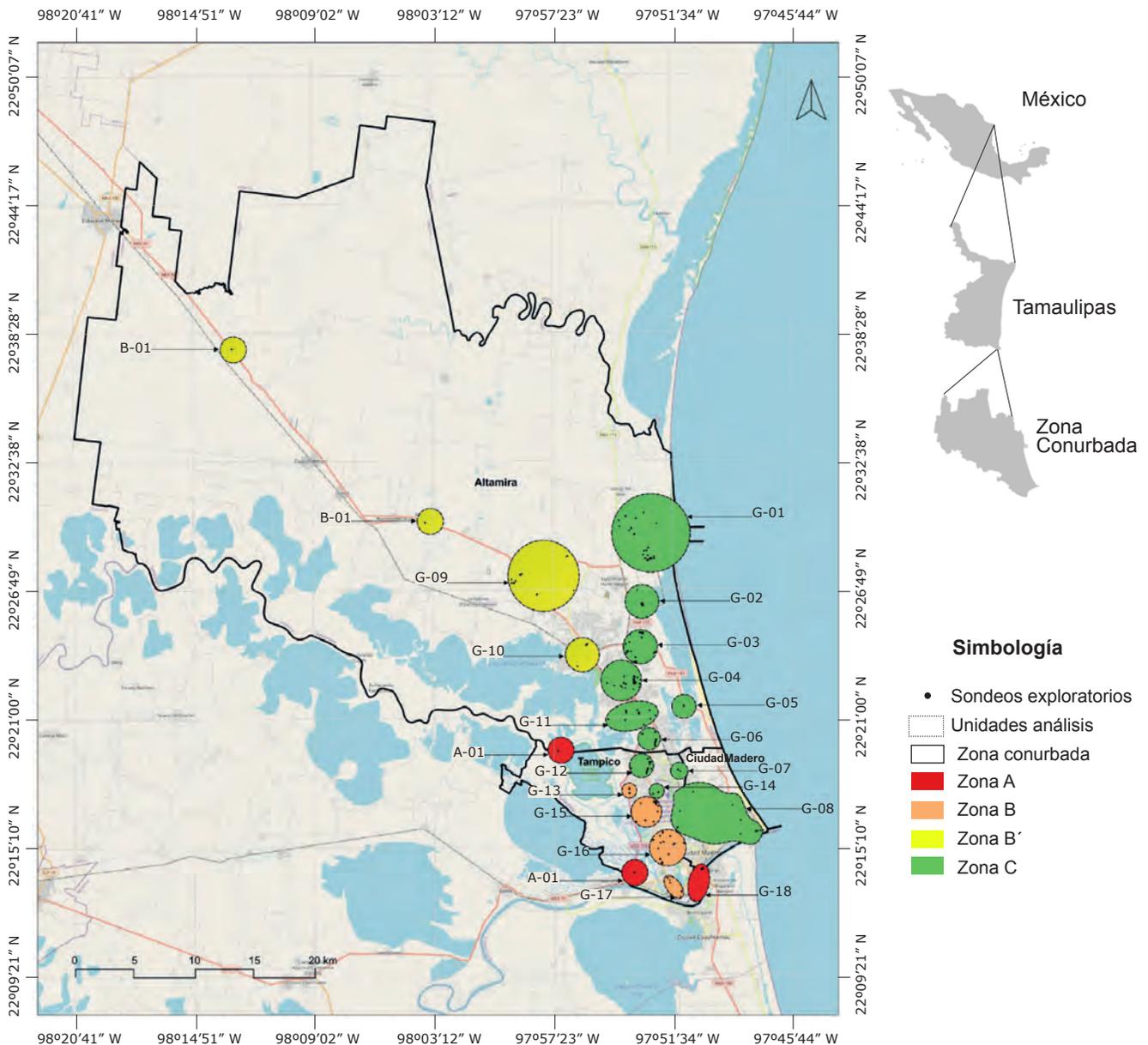
La caracterización A, B, B', C, expone criterios con alcance en la planificación de estudios geotécnicos; ya que, se requerirán diferentes métodos de exploración a causa de los rasgos de cada zona (Robbins y col., 2021). Si bien, el área de estudio se clasifica en zona sísmica A de menor actividad en el país, acorde al SGM (2024): la proximidad al Golfo de México, la presencia de sedimentos sueltos (zona A, B, B') y la vulnerabilidad a la licuefacción (zona C) pueden incrementar el riesgo de daño estructural (Braja, 2015). Por

■ **Tabla 1. Características del suelo por unidad de análisis y zonificación.**

Table 1. Characteristics of the soil by unit of analysis and zoning.

UA	SUA (km <sup>2</sup> )	NEMS (N.º)	NSPE (N.º)	DMax (m)	Descripción del suelo	SUCS*	Z
G-01	33.70	10	35	30.00	Arena, arena arcillosa, arena limosa, arcillas de baja compresibilidad, fragmentos de roca blanda y cementados de carbonato de calcio.	SP, SC, SM, CL, GC	C
G-02	06.15	02	06	07.20	Arena limosa, arena arcillosa con carbonato de calcio, grava calcárea, grava compacta.	SM, SC, GM, GC	C
G-03	06.30	12	39	19.80	Arena, arena arcillosa, arcilla arenosa con grava de canto rodado, arena limosa con grava de coquina.	SP, SC, GC, SM	C
G-04	08.95	16	42	24.00	Arena arcillosa rojiza con fragmentos de roca blanda, arcilla y fragmentos de grava.	SC, CL, GC	C
G-05	03.10	01	02	15.00	Arcilla calcárea limosa gris, arena, carbonatos y grava, arena amarillenta con grava.	CL, SP, GC, SP-GM	C
G-06	02.70	04	18	15.00	Grava de canto rodado y nódulos calcáreos, arena arcillosa, arcilla amarilla con grava.	GC, SC, CL-GC	C
G-07	01.60	02	06	07.20	Arena y arcilla, grava de coquina y materia vegetal, arena arcillosa de color café.	SP, CL, GM, SC	C
G-08	28.25	07	17	24.00	Arena, arcilla y grava, arena arcillosa gris, rojiza y amarillenta.	SP, CL, GC, SC	C
G-09	27.60	07	15	12.00	Arcilla gris y materia orgánica, arcilla con limolita amarilla y carbonato de calcio mineralizado.	CL, OL, CL	B'
G-10	06.30	03	06	10.20	Arcilla amarillenta y materia orgánica, arcilla amarillenta con carbonatos y arena.	CL-OL, CL-SM	B'
G-11	08.25	09	22	09.00	Arena con arcilla, materia vegetal y arena arcillosa con grava y carbonatos.	SC, SC-GM	C
G-12	03.10	07	29	18.60	Arena, arcillas rojizas y amarillentas, arcilla arenosa, arena arcillosa con grava de canto rodado y carbonatos.	SP, CL, SC, SC-GM	C
G-13	01.20	02	08	06.00	Predomina arena arcillosa con grava, arena arcillosa amarillenta con carbonatos de calcio.	SC-GM, SC	B
G-14	01.20	03	05	05.40	Arena arcillosa color café, arena café con arcilla.	SC, SP-CL	C
G-15	05.10	08	26	17.40	Arenas arcillosas amarillentas compuestas de lutitas, margas y roca blanda, arcilla amarilla con limo, arena y carbonatos.	SC, SC-CL, CL, SP, GC	B
G-16	07.30	14	37	15.00	Arena arcillosa, arcilla amarilla, arena y carbonatos, lutita amarilla con fragmentos de la Formación Mesón.	SC, CL, SP, GC, CL	B
G-17	02.10	05	08	05.40	Arena con arcilla y grava, arcilla arenosa con grava, arcilla arenosa amarillenta con carbonatos.	SC-GC, CL-GC, CL	B
G-18	04.35	03	14	22.80	Arena y arcilla con escasa grava, arena, arcilla, grava, limo orgánico, fragmentos de conchas, arena gris arcillosa.	SP, CL-GC, SP, CL, GC, OL, GM, SC	A
A-01	00.50	02	04	42.00	Arena, arcilla y material de relleno, arena arcillosa con raíces, arena arcillosa rojiza, arcilla gris, limo orgánico.	SP, CL, SC, SC, CL, OL	A
B-01	00.50	02	05	10.20	Arena y materia vegetal, arenas arcillosas, arena arcillosa amarillenta, arena gris con conchas, arcilla gris.	SP, SC, SC, SM-GM, CL	B'

UA = Unidad de Análisis; SUA = Superficie de Unidad de Análisis; NEMS = Número de Estudios de Mecánica Suelos; NSPE = Número de Sondeos de Penetración Estándar; DMax = Profundidad Máxima; SUCS = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; Z = Zona. \*Abreviaciones del SUCS: SP = Arena mal gradada. SC = Arena arcillosa. SM = Arena limosa. CL = Arcilla de baja plasticidad. GC = Grava arcillosa. GM = Grava limosa. OL = Limo orgánico.



Nota: Las unidades A-01 (color rojo) B-01 (color amarillo) se visualizan segmentadas en dos clústeres cada una.

**Figura 2. Mapa de zonificación geotécnica del sur de Tamaulipas.**  
 Figure 2. Geotechnical zoning map of southern Tamaulipas.

lo tanto, es crucial el análisis y cumplimiento de normativas (Failache y Zuquette, 2018).

En zona A, como efecto de valores N (1 a 5 golpes) hasta 42.0 m, se valoran métodos de exploración geotécnica como ensayos SPE para un perfil de resistencia al esfuerzo cortante; muestreo de suelo inalterado para evaluar propiedades de arcillas y limos; ensayo de penetración de cono para un perfil de resis-

tencia correlacionado con valores SPE; pruebas de laboratorio incluyendo límites de Atterberg, análisis granulométrico y pruebas de consolidación para determinar susceptibilidad a asentamientos; instalación de piezómetros para evaluar estabilidad y asentamientos diferenciales (Braja, 2015).

En zona B, como efecto de valores N (entre 8 y 20 golpes) hasta 17.4 m, se valoran méto-

■ **Tabla 2. Características de zonificación del subsuelo en el área de estudio.**  
 Table 2. Zoning characteristics of the subsoil in the study area.

	<b>Zona A</b>	<b>Zona B</b>	<b>Zona B'</b>	<b>Zona C</b>
NEMS (N.º)*	05	29	12	73
NSPE (N.º)*	18	80	28	221
Proximidad de perforación	Área urbana y lagunar de Tampico	Área urbana de Tampico	Área urbana de Altamira	Área urbana y costera de Ciudad Madero y Altamira
Similitud granulométrica	Arcillas, limos, materia orgánica	Arcillas, arcillas arenosas	Arcillas, arcillas arenosas	Arena, arenas arcillosas
UA	A-01, G-18	G-13, G-15, G-16, G-17	B-01, G-09, G10	G-01 a G-08, G-11, G-12, G-14
SUA (km <sup>2</sup> )	04.85	15.70	34.40	103.30
Valor N*	1 a 5	08 a 20	08 a 20	03 a 20
D <sub>Max</sub> (m)*	42.0	17.4	12.0	30.0

NEMS = Número de Estudios de Mecánica Suelos; NSPE = Número de Sondeos de Penetración Estándar; UA = Unidad de Análisis; SUA = Superficie de Unidad de Análisis; Valor N = Número de golpes; D<sub>Max</sub> = Profundidad Máxima.  
 \*Insumos y datos consignados por la empresa.

dos de exploración geotécnica como ensayos SPE para evaluar variabilidad de resistencia en arcillas y arcillas arenosas; ensayo de corte directo para determinar resistencia al esfuerzo cortante de arcillas y arcillas arenosas; ensayos triaxiales para evaluar resistencia y deformabilidad de arcillas en condiciones controladas; geofísica de superficie con sísmica de refracción para identificar presencia de la Formación Mesón ante planificación de excavaciones (Braja, 2015).

En zona B', como efecto de valores N (entre 8 y 20 golpes) hasta 12.0 m, se valoran métodos de exploración geotécnica como ensayos SPE para evaluar resistencia de suelos y roca blanda; ensayos de corte directo y triaxiales para determinar arcillas de alta plasticidad, ensayos de dilatómetro para evaluar propiedades de deformación de suelos blandos y arcillas plásticas; estudios de mejoramiento del suelo para determinar asentamientos diferenciales (Braja, 2015).

En zona C, como efecto de valores N entre 3 y 20 golpes hasta 30.0 m, se valoran métodos de exploración geotécnica como ensayos SPE para evaluar resistencia al esfuerzo cor-

tante de arenas arcillosas y finas; ensayos de penetración de cono para un perfil continuo de resistencia del suelo y susceptibilidad a la licuefacción; ensayos de licuefacción con pruebas de laboratorio y en campo para determinar la vulnerabilidad de arenas en condiciones sísmicas; instalación de piezómetros para monitorear el nivel freático por impacto en licuefacción y asentamientos (Braja, 2015).

Conforme el principio de Kang-Tsung (2013), INEGI (2018; 2021) y USGS (2019) para la generación de unidades de observación espacial, cabe resaltar que, aun cuando se zonificó el área urbana y costera de Tampico, Ciudad Madero y Altamira (Figura 2), las limitantes y perspectivas se centran en una recopilación superior de sondeos exploratorios como afirmaron Benavides y col. (1973); Juárez-Camarena y col. (2016). Adicionalmente, la vigilancia por incertidumbre inherente a la geoinformación requiere supervisión constante, en la medida que los mapas incidan en la toma de decisiones para la elección de métodos de exploración geotécnica (Ciurleo y col., 2017; Fern y col., 2018). Sin embargo, la visualización de prospecciones geotécnicas y unidades de análisis que funcionan como

descriptores en una BDG promueven la modernización (Gobierno del Estado, 2020; Mohan y col., 2024). Para algunos autores (Wan-Mohamad y Abdul-Ghani, 2011; Napoli y col., 2022), el manejo de geodatos formula una referencia partiendo de estimaciones preliminares que deberán intensificarse en estudios sucesivos (Bortolozzo y col., 2019).

## CONCLUSIONES

El modelo de datos vectoriales utilizado permitió desarrollar una base de datos geográfica, con prospecciones geotécnicas que conformaron 20 unidades de análisis, que determinan zonas geotécnicas (A, B, B', C) en el área urbana y costera de Tampico, Ciudad Madero y Altamira, Tamaulipas, agrupadas por la composición del subsuelo, resistencia al esfuerzo cortante y profundidad de exploración. El mapa desarrollado, que ubica las diferentes unidades y zonas geotécnicas es una herramienta de utilidad para la toma de decisio-

nes durante la selección de métodos de exploración geotécnica, en posteriores estudios de construcción en la región. Además, puede ser replicado en otros sitios de la región para ampliar la detección de horizontes de vulnerabilidad y mitigar riesgos por asentamientos. Es conveniente el desarrollo de estudios que complementen el mapa actual con un número significativo de SPE, con información actualizada y precisa, sin eludir normas y códigos aplicables para cada proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

A la M.V.T. Benavides-Osorio, E. R.; M. C. Vera-Hernández, K. V.; M.G. Torres-Pérez, A., por los datos geotécnicos, asesoramiento técnico y transferencia de conocimientos.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Benavides, O. E. R., Hernández, M. F., Moreno, G. E. y Vilalta, L. O. (1973). El subsuelo de la ciudad de Tampico. En VI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos (Ed.), *Tomo II. Estado actual del conocimiento. Cimentaciones en áreas urbanas de México: Acapulco, Morelia, Tampico y Yucatán* (pp. 1-35). Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A. C.
- Bortolozzo, C. A., Motta, M. F. B., Andrade, M. R. M., Lavalle, L. V. A., Mendes, R. M., Simões, S. J. C., Mendes, T. S. G., & Pampuch, L. A. (2019). Combined analysis of electrical and electromagnetic methods with geotechnical soundings and soil characterization as applied to a landslide study in Campos do Jordão City, Brazil. *Journal of applied geophysics*, 161, 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2018.11.017>
- Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learning.
- Cariolet, J. M., Vuillet, M., & Diab, Y. (2019). Mapping urban resilience to disasters – A review. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101746. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101746>
- Ciurleo, M., Cascini, L., & Calvello, M. (2017). A comparison of statistical and deterministic methods for shallow landslide susceptibility zoning in clayey soils. *Engineering geology*, 223, 71-81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.04.023>
- Failache, M. F. & Zuquette, L. V. (2018). Geological and geotechnical land zoning for potential hortonian overland flow in a basin in southern Brazil. *Engineering geology*, 246, 107-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.09.032>
- Fern, E. J., Di-Murro, V., Soga, K., Li, Z., Scibile, L., & Osborne, J. A. (2018). Geotechnical characterisation of a weak sedimentary rock mass at CERN, Geneva. *Tunnelling and underground space technology*, 77, 249-260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.04.003>
- Gobierno del Estado (2020). Actualización del programa metropolitano de ordenamiento territorial de Altamira, Ciudad Madero y Tampico. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3RMk1uG>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2024.
- Hipólito-Ojalvo, F., Zamora-Polo, F., Luque, A., & Naharro-Sequeda, I. (2019). Evaluation of subsoil properties of badajoz (Spain) for construction purposes using geographic information systems. *Informes de la construcción*, 71(556), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infor.2019.05.003>

doi.org/10.3989/ic.65204

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018). Diccionario de datos topográficos. Escala 1:20 000. Versión 2. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3W39rlu>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2024.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). Diccionario de datos topográficos (vectorial). Escala 1:50 000. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3L9e1bu>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2024.

Juárez-Camarena, M., Auvinet-Guichard, G., & Méndez-Sánchez, E. (2016). Geotechnical Zoning of Mexico Valley Subsoil. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(3), 297-308. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.07.001>

Kang-Tsung, Ch. (2013). Geographic Information Systems. McGraw-Hill Higher Education.

Kim, H. S., Sun, C. G., Lee, M. G., & Cho, H. I. (2021). Multivariate geotechnical zonation of seismic site effects with clustering blended model for a city area, South Korea. *Engineering geology*, 294, 106365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106365>

Mohan, K., Dugar, S., Pancholi, V., Dwivedi, V. K., Kumar, N., Sairam, B., & Chopra, S. (2024). A multi-scenario based micro seismic hazard assessment of the Bhuj City, western India incorporating geophysical and geotechnical parameters. *Quaternary science advances*, 13, 100138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100138>

Napoli, M. L., Festa, A., & Barbero, M. (2022). Practical classification of geotechnically complex formations with block-in-matrix fabrics. *Engineering geology*, 301, 106595. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2022.106595>

Robbins, B. A., Stephens, I. J., & Marcuson, W. F. (2021). Geotechnical Engineering. In D. Alderton & S. A. Elias (Eds.), *Encyclopedia of Geology* (pp. 377-392). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12508-4>

Safani, J. & Matsuoka, T. (2013). Softgeotechnical zone determination using surface wave for geotechnical hazard mitigation. *Procedia environmental sciences*, 17, 354-360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.048>

Samadian, B. & Fagher, A. (2016). Proposing a framework to combine geological and geotechnical information for city planning in Sanandaj (Iran).

*Engineering geology*, 209, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.04.033>

SGM, Servicio Geológico Mexicano (2022). Litología. Escala 1:250,000 (ID: 6). [En línea]. Disponible en: <https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx/#>. Fecha de consulta: 26 de junio de 2024.

SGM, Servicio Geológico Mexicano (2024). Zonificación sísmica de México. [En línea]. Disponible en: <https://www.sgm.gob.mx/Sismotectonica/>. Fecha de consulta: 27 de junio de 2024.

USGS, United States Geological Survey (2019). Landsat 8 (L8). Data Users Handbook. [En línea]. Disponible en: <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2024.

Wan-Mohamad, W. N. S. & Abdul-Ghani, A. N. (2011). The use of geographic information system for geotechnical data processing and presentation. *Procedia engineering*, 20, 397-406. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.182>

Zhou, Y., Wu, T., & Wang, Y. (2022). Urban expansion simulation and development-oriented zoning of rapidly urbanising areas: A case study of Hangzhou. *Science of the total environment*, 807, 150813. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150813>.



Amazona oratrix



Crotalus scutulatus

Imágenes tomadas de: Canva educativo

# Ingresos y egresos de fauna silvestre en Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre de México durante 2005-2020

## Admissions and outcomes of wildlife in Centers for the Conservation and Research of Wildlife in Mexico during 2005-2020

Jesús Ignacio Castro-Salazar<sup>1</sup>, José Luis Carpio-Domínguez<sup>2\*</sup>, Inés Arroyo-Quiroz<sup>3</sup>

### RESUMEN

En México, los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) reciben, rehabilitan y reintroducen a la naturaleza fauna silvestre rescatada, asegurada y decomisada por las instituciones gubernamentales. Pero, existen pocos estudios que evalúen su funcionamiento y eficiencia. El presente trabajo tuvo como objetivo comparar los ingresos y egresos de la fauna silvestre, así como la capacidad de presupuesto y personal de los CIVS de México durante el periodo 2005-2020. El estudio abarcó la información proporcionada por 4 centros y se analizaron los datos de 36 526 ejemplares ingresados y 35 029 egresados. El ingreso a los CIVS se dio en su mayoría por aseguramientos y decomisos, y el principal motivo de egreso por canalizaciones a otros lugares. Los reptiles ( $n = 24\ 707$ ) y las aves ( $n = 6\ 828$ ) fueron los grupos taxonómicos más recibidos. La tasa de mortalidad de la fauna que ingresó (41.5 %) superó a la de liberación de ejemplares en la naturaleza (11.5 %), con los reptiles como grupo taxonómico con el mayor número de muertes ( $n = 8\ 011$ ). El trabajo que desarrollan los CIVS permanece como de gran relevancia para el manejo primario de la fauna que se recupera por diferentes acciones, pero cuentan con poco personal capacitado y cada vez menos presupuesto para atender los ingresos de fauna que va en aumento.

**PALABRAS CLAVE:** fauna silvestre, conservación, manejo de especies, rehabilitación, liberación de especies.

### ABSTRACT

In Mexico, Wildlife Conservation and Research Centres (CIVS) receive, rehabilitate, and reintroduce into the wild wildlife rescued, seized, and confiscated by governmental institutions. However, there are few studies that evaluate their functioning and efficiency. The present study aimed to compare wildlife admissions and outcomes, as well as the budget and staffing capacity of Mexico's CIVS during the period 2005-2020. This study covered information provided by 4 centres and analysed data from 36 526 specimens' admissions and 35 029 discharges. Admission to the CIVS occurred mostly due to seizures and confiscations, and the main reason for departure was referrals to other locations. Reptiles ( $n = 24\ 707$ ) and birds ( $n = 6\ 828$ ) were the most admitted taxonomic groups. The mortality rate of admitted fauna (41.5 %) exceeded the rate of release into the wild (11.5 %), with reptiles being the taxonomic group with the highest number of deaths ( $n = 8\ 011$ ). The work carried out by the CIVS remains of great relevance for the primary management of the fauna that is rescued, seized, and confiscated, but the CIVS have few trained personnel and an ever-decreasing budget to deal with the increasing admissions of fauna.

**KEYWORDS:** wildlife, conservation, species management, rehabilitation, species release.

\*Correspondencia: [jcarpiodominguez@outlook.com](mailto:jcarpiodominguez@outlook.com)/Fecha de recepción: 5 de noviembre de 2023/Fecha de aceptación: 14 de marzo de 2024/Fecha de publicación: 30 de abril de 2024.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Los Naranjos, Abasolo, Guanajuato, México, C. P. 36976. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, calle Fuente de Diana s/n, colonia Aztlán, Reynosa, Tamaulipas, México, C. P. 88740.

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, C. P. 62209.

## INTRODUCCIÓN

El rescate y la rehabilitación de fauna silvestre son claves para la protección de las especies (Aprile y Bertonatti, 1996; Burton y Tribe, 2016; Pyke y Szabo, 2018; Tardieua y col., 2020; Kwok y col., 2021). Los centros de rehabilitación de fauna silvestre benefician al animal que recibe atención (Paterson y col., 2021) y aportan a la conservación de especies (Yarnel y col., 2019) a través del tratamiento y cuidado temporal de animales, principalmente silvestres, para que una vez recuperada la salud y habilidades requeridas para vivir de manera autosuficiente y siendo factible y viable, puedan ser liberados en el medio natural (Aprile y Bertonatti, 1996; Romero y col., 2019; Kandir y Gül, 2020; Tardieua y col., 2020; Chaves y col., 2021; Dessalvi y col., 2021; Hanson y col., 2021; Kwok y col., 2021; Paterson y col., 2021).

En el mundo, existen miles de centros de rehabilitación que trabajan con una gran diversidad de especies (Molina-López y col., 2017), aportando datos del estado de conservación y salud de cada animal que ingresa a las instalaciones (Miller, 2012; Kwok y col., 2021). La información recabada por los centros varía, pero, generalmente tienen registros de los animales que ingresan, de su recuperación, manejo, estrategias de liberación y destino final (Choperena y Mancera-Rodríguez, 2016; Mariacher y col., 2016; Pyke y Szabo, 2018; Molina-López y col., 2017; Romero y col., 2019; Janssen y col., 2020; Kwok y col., 2021; Hanson y col., 2021).

Si bien, los datos que tienen los centros de rehabilitación son de utilidad, estos son subutilizados (Crespo-Martínez y col., 2014; Molina-López y col., 2017; Pyke y Szabo, 2018; Kwok y col., 2021). Son pocos los estudios que evalúan la información sobre los esfuerzos de rehabilitación o liberación (Karesh, 1995; Aprile y Bertonatti, 1996; Drews, 1999), a pesar de que estas investigaciones son esenciales como indicador de las prácticas llevadas a cabo dentro de los centros y que aportan al desarrollo de conocimiento e investigación sobre el

estado y conservación de la fauna (Drews, 1999; Molina-López y col., 2017; Pyke y Szabo, 2018; Hanson y col., 2021; Kwok y col., 2021; Godoy-Steindl y col., 2023).

Los estudios sobre esfuerzos de rescate, rehabilitación y liberación de fauna silvestre han sido en su mayoría sobre aves, reptiles y mamíferos (Drews, 1999; Pyke y Szabo, 2018; Brieva y Gutiérrez, 2022; Mullineaux y Pawson, 2023). Las tasas de liberación de los individuos de la fauna que ingresan a los centros suelen ser menor al 45 % (Kirkwood, 2003) o al 50 % (Molina-López y col., 2017). Otras investigaciones en centros de atención y valoración de fauna silvestre, en Colombia, señalan que el alto ingreso de animales producto del tráfico ilegal, así como la poca disponibilidad de recursos económicos y de personal capacitado, dificultan un adecuado manejo y rehabilitación de los ejemplares, lo que disminuye su viabilidad de liberación (Asprilla-Perea y col., 2013; Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021). Los estudios sobre los centros de rehabilitación aportan elementos que pueden derivar en estrategias más exitosas de gestión y conservación de la fauna silvestre, así como de generación de información útil para la difusión de estas temáticas a la sociedad (Mariacher y col., 2016; Pyke y Szabo, 2018; Heathcote y col., 2019; Hanson y col., 2021).

México ha tenido 6 Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS), administrados por el gobierno Federal e institucionalizados con el objetivo de recibir, rehabilitar, reintroducir y canalizar (reubicar animales de un centro a otro lugar) fauna silvestre rescatada, entregada voluntariamente, asegurada (retención precautoria) o decomisada (la fauna asegurada pasa a ser propiedad y disposición del Estado) por las autoridades competentes como la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Fiscalía General de la República (FGR, antes Procuraduría General de la República), de acuerdo al artículo 38 de la Ley General de Vida Silvestre (Ley General de Vida Silvestre,

2021). A pesar de la importancia de los CIVS, en el país no existen estudios que describan estadísticamente la situación de la fauna que ingresa y egresa de estos centros.

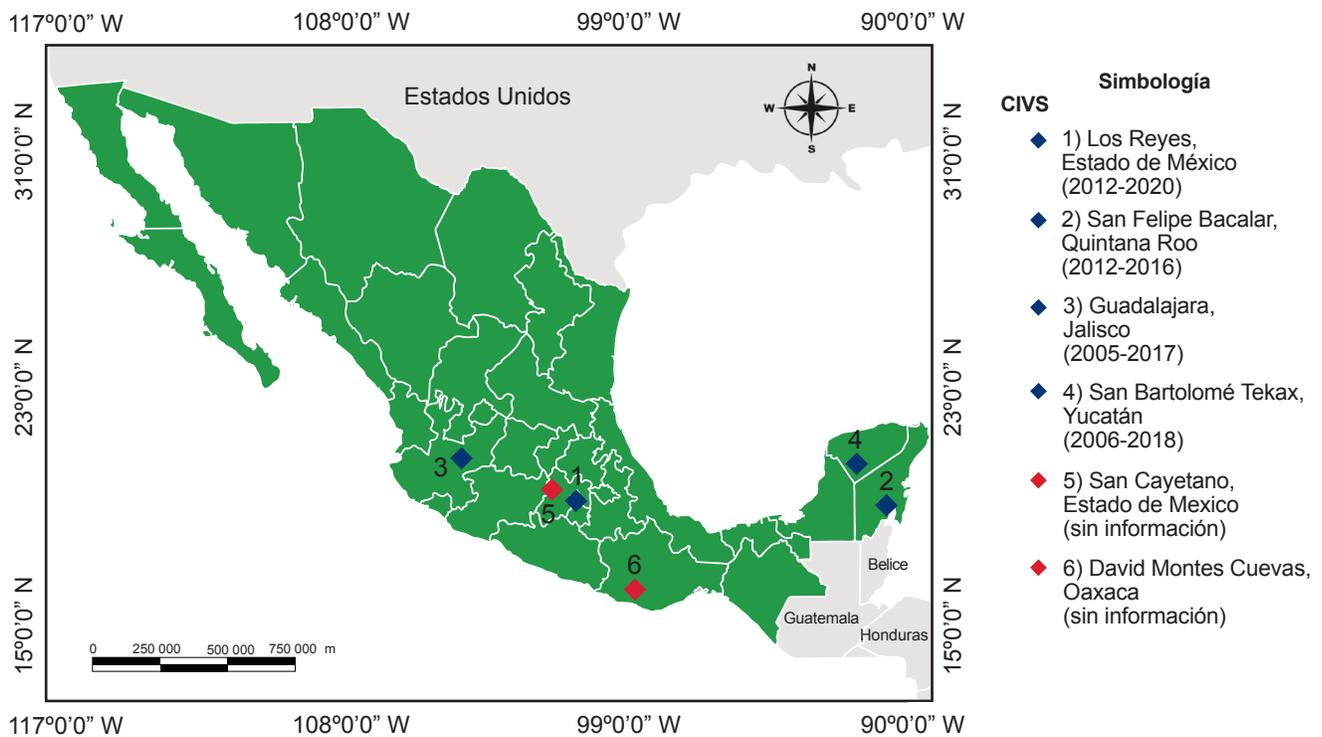
El presente estudio tuvo como objetivo analizar los datos de los ejemplares de fauna silvestre que ingresan y que egresan de los CIVS de México, así como la capacidad de los centros, en términos del presupuesto asignado y de la cantidad y perfil del personal que laboraba en ellos, durante un periodo de 16 años, desde el año 2005 a 2020.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo, utilizando datos de ingresos y egresos de ejemplares de fauna silvestre, proporcionados por los centros de CIVS de México. Los datos sobre el manejo de fauna silvestre en los CIVS y su capacidad se obtuvieron a través de solicitudes de información, según lo establecido en los

artículos 121 y 123 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información, a la dependencia del gobierno federal que administra estos centros: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Se recibió información de 4 centros con periodos diferentes de información (Figura 1). Se analizó de forma global dentro del periodo entre el 2005 y 2020, para los 4 CIVS que proporcionaron información, para cada grupo taxonómico reportado (anfibios, arácnidos, aves, corales, crustáceos, mamíferos, peces y reptiles) en el marco de las siguientes categorías: 1) el número de individuos de fauna que ingresaron y su motivo de ingreso (por nacimiento, entrega voluntaria al CIVS o aseguramiento de la autoridad competente, la PROFEPA o la FGR), 2) el número y tipo de egresos (por liberación en hábitats naturales, canalización/reubicación a otros lugares, por muerte o por extravío del ejemplar), 3) sexo de los



Nota: en azul se señalan los cuatro centros y el periodo de datos disponibles para cada uno de ellos.

■ **Figura 1. Ubicación geográfica de los CIVS de México.**  
 Figure 1. Geographical location of the CIVS of Mexico.

ejemplares (hembra, macho o sin especificar), y 4) la capacidad de los centros en términos del presupuesto asignado y de la cantidad, y el perfil del personal que laboraba en los centros.

## RESULTADOS

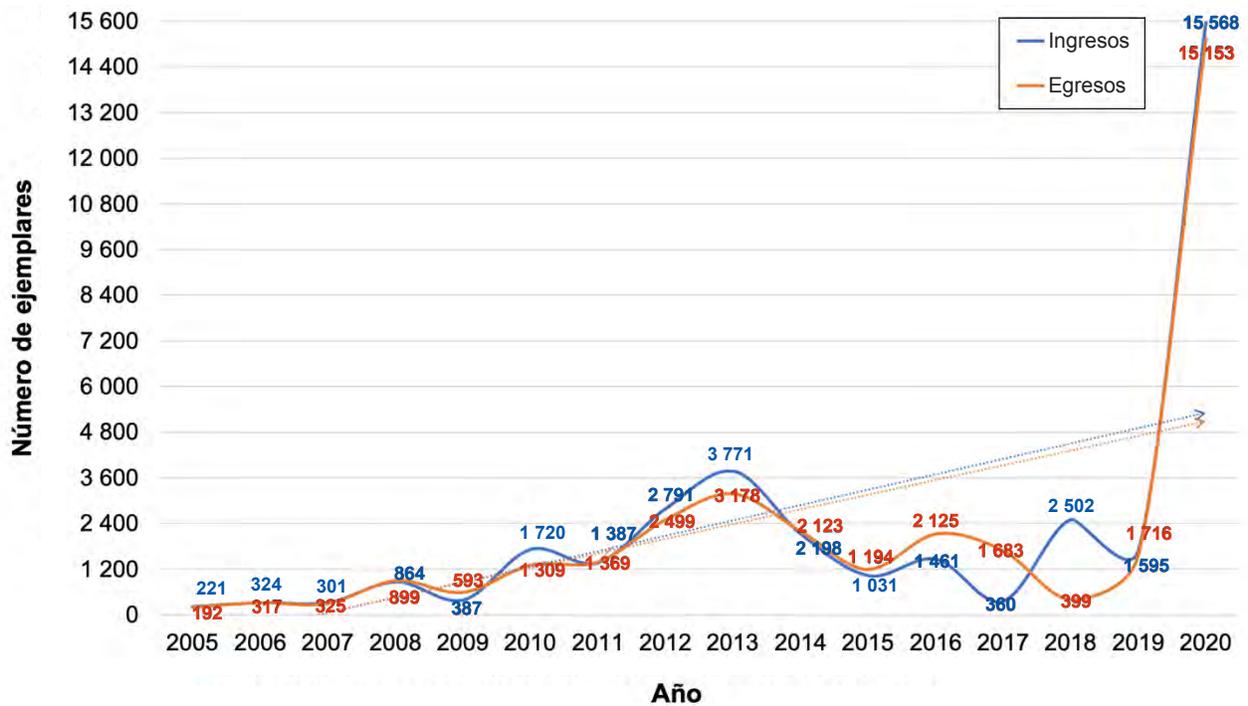
### Ingresos y egresos de ejemplares en los CIVS

Entre el 2005 y 2020 se registró el ingreso de 36 526 individuos vivos de fauna silvestre y egresaron 35 029 individuos (Figura 2; Tabla 1) por motivos como liberación, muerte, extravío y canalizaciones a otros lugares. Durante este periodo, el ingreso promedio fue de 2 283 ejemplares por año, el CIVS Los Reyes registró el mayor número de ingresos (n = 25 119; 68.8 %) entre 2012 y 2020, seguido del CIVS Guadalajara (n = 8 016; 21.9 %) entre 2005-2017, San Bartolomé Tekax (n = 3 301; 9.0 %) entre 2006-2018 y San Felipe Bacalar (n = 90; 0.2 %) entre 2012-2016. Los años 2020 y 2013 presentaron mayores ingresos y egresos de fauna silvestre (Figura 2) (en 2020 la

mayoría de los ingresos tuvieron como destino el CIVS Los Reyes).

Los tres grupos con mayores ingresos fueron los reptiles (n = 24 707; 67.6 %), seguido de las aves (n = 6 828; 18.7 %) y los mamíferos (n = 3 100; 8.5 %) (Figura 3). La mayoría de los reptiles ingresó a Los Reyes (87.1 %); mientras que un gran porcentaje de aves lo hizo en el de Guadalajara (48.5 %) y en Los Reyes (34.3 %); y una gran población de mamíferos ingresaron en Guadalajara (37.0 %) y en San Bartolomé Tekax (34.3 %) (Tabla 1).

En cuanto a los egresos de ejemplares de los CIVS, se registró el mismo comportamiento que de ingresos, los reptiles fueron los de mayores egresos (n = 22 786, 65.0 %), seguidos de las aves (n = 7 052, 20.1 %) y de los mamíferos (n = 3 276, 9.3 %) (Figura 3). La mayoría de los reptiles egresó de Los Reyes (85.4 %); mientras que un gran porcentaje de aves lo hizo en el de Guadalajara (51.9 %)



Nota: los datos proporcionados por los 4 CIVS analizados coinciden sólo entre 2012 y 2016.

■ Figura 2. Ingresos y egresos de fauna silvestre de los CIVS entre 2005-2020.

Figure 2. Wildlife admission and outcomes of the CIVS between 2005-2020.

**■ Tabla 1. Ingresos de fauna silvestre reportados por CIVS, grupo taxonómico y motivo de ingreso.**  
 Table 1. Wildlife admission reported by center, reason and taxonomic group.

Ingreso	Anfibios	Arácnidos	Aves	Corales	Crustáceos	Mamíferos	Peces	Reptiles	Total
<b>Los Reyes</b>									
Nacimiento	200	0	0	0	0	2	0	10	212
Entrega voluntaria	24	43	701	71	0	681	0	2 063	3 583
PROFEPA*	21	13	906	0	0	171	4	1 763	2 878
PGR*	20	4	736	0	0	8	0	17 678	18 446
Total	265	60	2 343	71	0	862	4	21 514	25 119
<b>San Felipe Bacalar</b>									
Nacimiento	0	0	32	0	0	1	0	0	33
Entrega	0	0	11	0	0	14	0	2	27
PROFEPA*	0	0	18	0	0	10	0	1	29
PGR*	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Total	0	0	61	0	0	26	0	3	90
<b>Guadalajara</b>									
Nacimiento	0	0	15	0	0	30	0	114	159
Entrega*	5	751	1 334	0	51	1 075	2	1 738	4 956
PROFEPA*	7	622	1 088	0	38	33	0	112	1 900
PGR	1	5	876	0	0	11	0	108	1 001
Total	13	1 378	3 313	0	89	1 149	2	2 072	8 016
<b>San Bartolomé Tekax</b>									
Nacimiento	0	0	38	0	0	146	0	62	246
Entrega	8	1	259	0	0	797	0	867	1 932
PROFEPA*	0	0	810	0	0	114	0	189	1 113
PGR*	0	0	4	0	0	6	0	0	10
Total	8	1	1 111	0	0	1 063	0	1 118	3 301

Nota: \*Aseguramientos por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y decomisos por la Fiscalía General de la República. Los CIVS generan 24 registros por año, pero no reportaron todos los registros. San Felipe Bacalar tuvo la mayor ausencia de registros (faltó el 36.0 %).

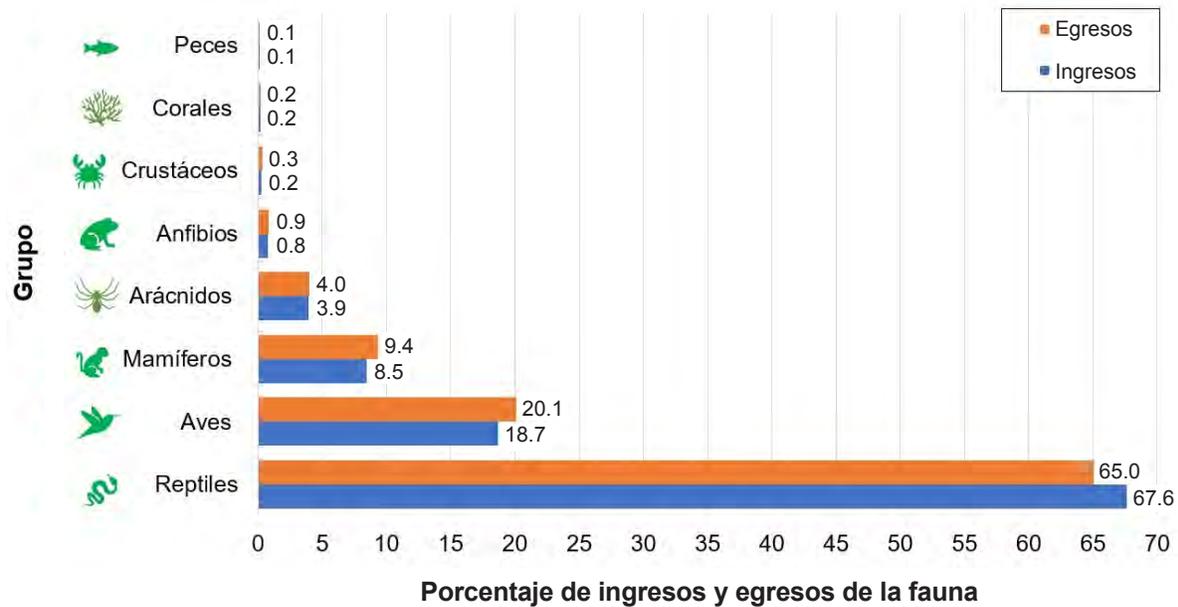
y Los Reyes (29.5 %); y una gran población de mamíferos en San Bartolomé Tekax (37.1 %) y de Guadalajara (36.2 %) (Tabla 2).

### Motivos de ingreso de la fauna silvestre a los CIVS

El principal motivo de ingreso de fauna silvestre a los CIVS fue la suma de aseguramientos de la PROFEPA y decomisos de la FGR (n = 25 378, 69.5 %), siendo mayor por parte de la autoridad penal (FGR) (n = 19 458) (Tabla 1).

El 84.0 % de la fauna total asegurada y decomisada en el país ingresó al CIVS Los Reyes; y específicamente en este centro el 85.0 % de los individuos de fauna que ingresó provenían de aseguramientos y decomisos.

De todas las especies, los reptiles fue el grupo taxonómico que más ingresó por aseguramientos y decomisos (n = 19 441; 78.2 %) (de los cuales, el 97.9 % de esos reptiles ingresó al CIVS Los Reyes).



■ Figura 3. Ingresos y egresos de fauna silvestre (por grupo taxonómico) reportado por los CIVS entre 2005-2020.

Figure 3. Wildlife admissions and outcomes (by taxonomic group) by the CIVS between 2005-2020.

Dos especies de tortugas, en categoría de riesgo, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), fueron las que más ingresaron por aseguramientos y decomisos: *Kinosternon* sp (n = 10 847) (n = 10 840 ingresaron al CIVS Los Reyes y n = 7 a San Bartolomé Tekax) y *Claudius angustatus* (n = 4 327) (todas ingresaron a Los Reyes).

Las aves fueron el segundo grupo taxonómico con más ingresos por aseguramientos y decomisos (n = 4 438; 17.5 %) (Tabla 1) (de las cuales, el 44.2 % ingresó al CIVS Guadalajara). La especie *Aratinga canicularis*, catalogada en riesgo bajo protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) y el apéndice II del CITES al pertenecer al orden *Psittaciformes*, fue la que registró más ingresos por aseguramientos y decomisos (n = 585 en Los Reyes y n = 470 en Guadalajara).

Del promedio total anual de todos ejemplares que ingresaron a los CIVS por aseguramientos y decomisos (n = 1 582), en más de la mitad de estos (56.9 %) el estatus legal se en-

contraba con algún procedimiento legal abierto por alguna autoridad, en su mayoría por la autoridad administrativa (52.8 %).

El segundo motivo de ingreso fue por entregas voluntarias (n = 10 498; 28.7 %) de las personas que poseían ejemplares de fauna silvestre o porque fue encontrada por particulares u organizaciones en la vía pública (e.g. brigadas de vigilancia ambiental, bomberos, seguridad pública y protección civil) quienes entregan la fauna a la PROFEPA para el registro como “entrega voluntaria” y posteriormente son llevados a los CIVS. El 47.2 % del total de la fauna entregada voluntariamente ingresó al CIVS Guadalajara. Los reptiles fueron el grupo taxonómico con más entregas voluntarias (n = 4 670, 44.5 %) (de los cuales, el 44.2 % ingresó al CIVS Los Reyes) (las tortugas *Trachemys scripta elegans* fueron los reptiles más entregados en los CIVS, n = 1 454; especie sujeta a protección especial en México según la NOM-059-SEMARNAT-2010 [SEMARNAT, 2010]). El segundo grupo con más entregas en los CIVS fueron los mamíferos (n = 2 567, 24.4 %) (el 41.9 % ingresó

■ **Tabla 2. Salidas de fauna silvestre reportados por CIVS, grupo taxonómico y motivo de egreso.**  
 Table 2. Wildlife outcomes reported by center, taxonomic group, and discharge reason.

Egreso	Anfibios	Arácnidos	Aves	Corales	Crustáceos	Mamíferos	Peces	Reptiles	Total
<b>Los Reyes</b>									
Liberación	0	2	193	0	0	136	0	290	621
Canalización	26	40	490	0	0	383	0	12 388	13 327
Muertes	252	32	1 345	71	8	327	12	6 700	8 747
Extravíos	3	5	49	0	12	17	8	82	176
Total	281	79	2 077	71	20	863	20	19 460	22 871
<b>San Felipe Bacalar</b>									
Liberación	0	0	1	0	0	6	0	0	7
Canalización	0	0	23	0	0	1	0	0	24
Muertes	0	0	15	0	0	5	0	0	20
Extravíos	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Total	0	0	40	0	0	12	0	0	52
<b>Guadalajara</b>									
Liberación	7	384	606	0	0	755	0	884	2 636
Canalización	1	465	679	0	0	132	2	445	1 724
Muertes	7	481	2 363	0	89	298	0	857	4 095
Extravíos	0	0	11	0	0	2	0	4	17
Total	15	1 330	3 659	0	89	1 187	2	2 190	8 472
<b>San Bartolomé Tekax</b>									
Liberación	8	0	47	0	0	475	0	228	758
Canalización	0	0	111	0	0	235	0	389	735
Muertes	0	0	846	0	0	379	0	454	1 679
Extravíos	0	0	272	0	0	125	0	65	462
Total	8	0	1 276	0	0	1 214	0	1 136	3 634

Nota: Los CIVS reportan 2 registros por mes, faltaron 133 registros. San Felipe Bacalar tuvo la mayor ausencia de registros (faltó el 36.0 %).

al CIVS Guadalajara) (los *Didelphis virginiana* fueron los mamíferos más entregados a los CIVS; n = 1 253).

El tercer grupo con más entregas fueron las aves (n = 2 305, 22.0 %) (el 57.9 % ingresaron al CIVS Guadalajara) (las *Aratinga canicularis* fueron las aves más entregadas a los CIVS (n = 212), especie en protección especial en México de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y presente en el listado II de CITES).

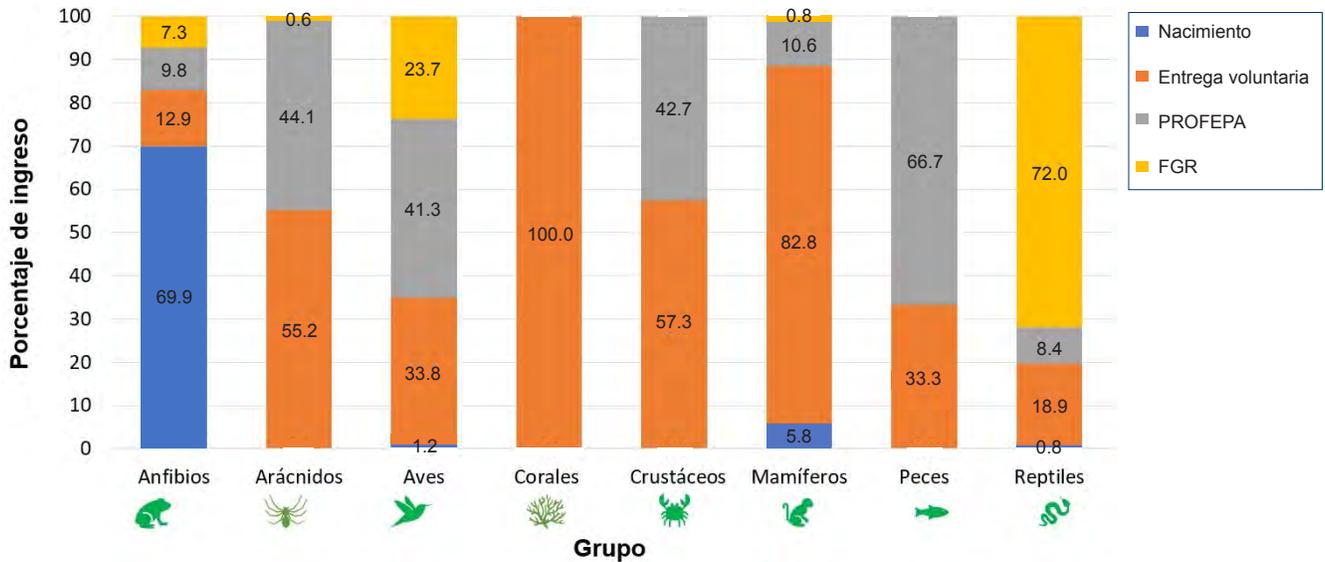
Los anfibios reportaron la mayor tasa de nacimientos (n = 200, 30.8 %) del total de nacimientos (n = 650) (el 100 % nació en el CIVS

Los Reyes), seguido de los reptiles (n = 186, 28.6 % del total) (61.3 % nacieron en el CIVS Guadalajara), y en tercero los mamíferos (n = 179, 27.5 % del total) (el 81.6 % nació en San Bartolomé Tekax).

Al considerar el total de ingresos por grupo taxonómico, el nacimiento de anfibios fue del 69.9 % (n = 200) respecto al total de ingresos en ese grupo, mientras que los nacimientos de mamíferos fueron del 5.8 % (n = 179) y de reptiles del 0.7 % (n = 186) (Figura 4).

#### Motivos de egreso de la fauna silvestre en CIVS

La canalización, que es la reubicación de la



■ Figura 4. Tasa de los motivos de ingreso de la fauna silvestre (por grupo taxonómico) en los CIVS entre 2005-2020.

Figure 4. Reason rate for wildlife admissions (by taxonomic group) in CIVS between 2005-2020.

fauna de los CIVS a otras instalaciones autorizadas, fue la principal causa de egreso de los centros (n = 15 810; 45.1 %), seguida de las muertes (n = 14 541; 41.5 %) (incluye ejemplares sacrificados) y después las liberaciones en medio silvestre (n = 4 022; 11.4 %) (Tabla 2).

El CIVS Los Reyes reportó más egresos de fauna (n = 22 871; 65.3 %), registrando una mayor tasa de canalizaciones (n = 13 327; 84.3 %) y de muertes de fauna (n = 8 747; 60.1 %) que los otros CIVS estudiados.

Guadalajara fue el CIVS con la mayor tasa de liberaciones (n = 2 636; 65.5 %) y San Bartolomé Tekax fue el centro que más reportó extravíos de individuos de fauna (n = 462; 70.4 %).

Los reptiles presentaron la mayor tasa de canalizaciones del total de la fauna de los CIVS analizados (n = 13 222; 83.6 %) (Los Reyes tienen la mayor tasa de canalización de reptiles, n = 12 388; 78.3 %) (Tabla 2). La canalización o entrega a otros lugares autorizados se da, por ejemplo, a zoológicos, colecciones científicas, colecciones privadas, centros

de investigación o bien, a las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS) o a los Predios o Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS), pero la mayoría de los reportes proporcionados no especifican los nombres de los lugares a los que son llevados. Las UMAS son unidades de manejo (extensivas o intensivas) de aprovechamiento y conservación de la vida silvestre, que tienen entre sus objetivos y actividades el aprovechamiento regulado, la protección, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, exhibición, recreación y educación ambiental (artículo 39 de la Ley General de Vida Silvestre, 2021). Los PIMVS son criaderos intensivos que manejan vida silvestre de manera confinada con propósitos de reproducción controlada de especies o poblaciones para su aprovechamiento con fines comerciales (artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, 2014).

Las muertes son la segunda causa de egreso de los CIVS (14 541; 41.5 %); siendo los reptiles el grupo con más muertes reportadas (n = 8 011; 55.1 %). Los Reyes fue el centro que más muerte de reptiles documentó (83.6 %)

(las tortugas *Kinosternon* sp fueron los reptiles que más murieron,  $n = 3\ 124$ ; especies catalogadas en protección especial en México según la NOM-059-SEMARNAT-2010). Las aves fueron el segundo grupo con más muertes ( $n = 4\ 569$ , 31.4 %) (Guadalajara reportó la mayor tasa de muertes de aves, 51.7 %) (los *Aratinga canicularis* fueron las aves que más murieron,  $n = 1\ 142$ , especie sujeta a protección especial en México según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) y presente en el listado II de CITES). La mayoría de los reportes proporcionados por los CIVS no especifican la causa de muerte, solo mencionan ocasionalmente que los individuos de fauna mueren por: 1) haber ingresado crías o neonatos; 2) presentar enfermedades, lesiones o fracturas; 3) ser atacados por ratas u otros animales dentro de las instalaciones; y 4) los CIVS no cuentan con el equipo e instalaciones y condiciones climáticas adecuadas para el cuidado óptimo de los animales.

El CIVS Guadalajara fue el centro que, dentro de los reportes proporcionados detalla más las causas de muerte. Por ejemplo, documentó en 2011 el fallecimiento de 35 pericos (29 *Aratinga canicularis* y 6 *Amazona finschi*) por estrés post captura, y otros por ataque intraespecie dentro de las instalaciones; además en ese mismo año se reportó la muerte de 4 pericos *Aratinga canicularis*; en 2016 la muerte de 6 aves *Passerina ciris*; en 2017 la de 3 búhos *Otus kennicottii*, todos atacados y muertos por ratas dentro del CIVS; entre 2016 y 2017 documentaron la muerte de 24 tlacuaches *Didelphys virginiana* neonatos que no sobrevivieron a la crianza; y en 2017, también murieron 5 aves *Myadestes occidentalis*, 4 iguanas negras *Ctenosaura pectinata*, 2 guacamayas *Ara militaris* y 2 pericos *Amazona autumnalis* a causa de las bajas temperaturas dentro del CIVS. Es importante mencionar que del total de corales (71: Tabla 1) que ingresaron a los CIVS (únicamente en el CIVS de Los Reyes), el 100 % murieron (Figura 5).

Sobre la liberación de fauna, el grupo de los reptiles fue el que registró el mayor número

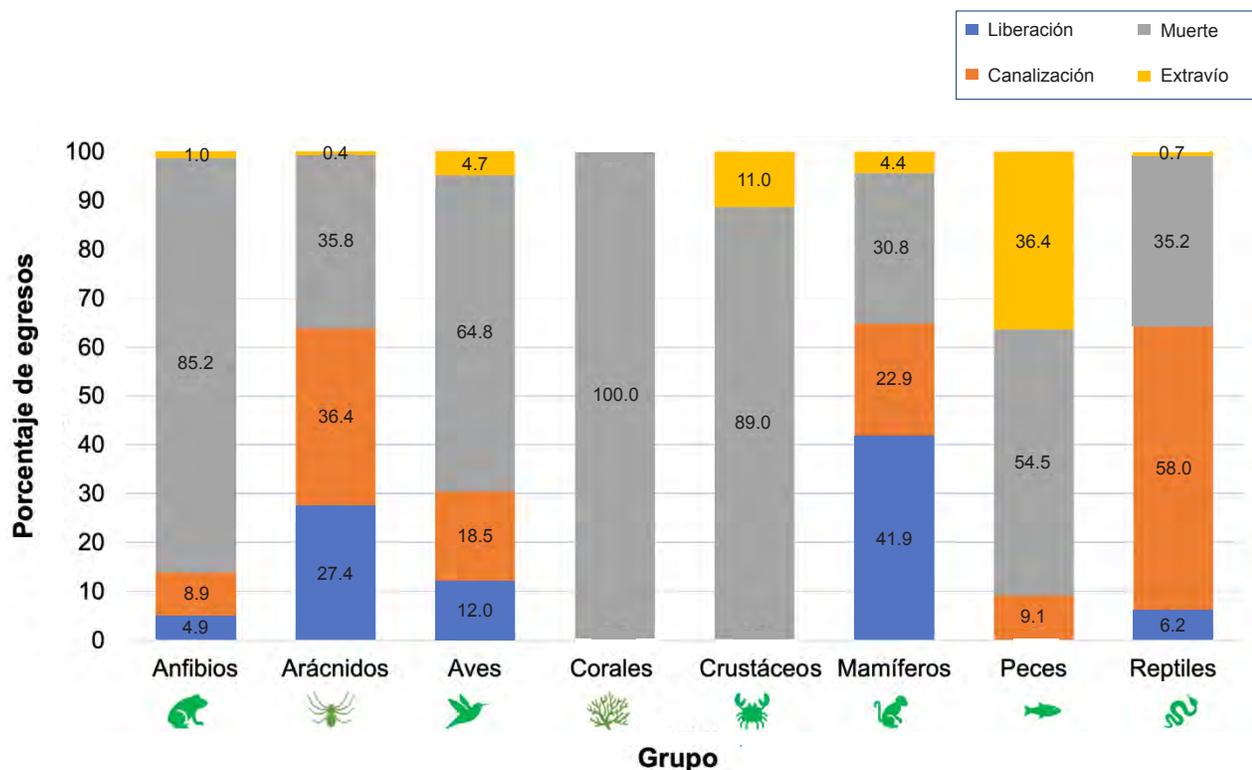
de liberación ( $n = 1\ 402$ ; 34.9 %) (entre los reptiles más liberados están las serpientes *Pituophis deppei*,  $n = 227$ , especie en riesgo en México según la NOM-059-SEMARNAT-2010), seguido de los mamíferos ( $n = 1\ 372$ ; 34.1 %) (entre los mamíferos más liberados están los *Didelphys virginiana*,  $n = 819$ ). Y en tercer lugar se encontró el grupo de aves (847; 21.0 %). El CIVS Guadalajara fue el que reportó la mayor cantidad de todos los CIVS, de liberación de aves (71.5 %), reptiles (63.0 %) y de mamíferos (55.0 %). Ninguno de los grupos taxonómicos alcanzó el 50.0 % de individuos de fauna liberados, considerando el total de individuos del mismo grupo que ingresó a los CIVS (Figura 5).

En cuanto a los motivos de egreso por extravío de individuos de fauna de todos los CIVS, las aves, fue el grupo más extraviado ( $n = 333$ ; 50.8 %) (el 81.7 % se extravió en el CIVS San Bartolomé Tekax) seguido por el de los reptiles ( $n = 151$ ; 23.0 %) (el 54.3 % se extravió en Los Reyes y el 43.0 % en San Bartolomé Tekax).

### Sexo de la fauna que ingresa a los CIVS

En el 90.0 % o más de los grupos faunísticos como los corales ( $n = 71$ ; 100 %), los crustáceos ( $n = 89$ ; 100 %), peces ( $n = 6$ ; 100 %), arácnidos ( $n = 1\ 430$ ; 99.4 %), anfibios ( $n = 285$ ; 99.7 %), aves ( $n = 6\ 143$ ; 90.0 %) y reptiles ( $n = 24\ 120$ ; 97.6 %) que ingresaron a los CIVS no se identificó o no se reportó el sexo de los ejemplares; en mamíferos también fue un porcentaje alto ( $n = 1\ 958$ ; 63.2 %) en el que tampoco se identificó el sexo al ingreso. Respecto a los egresos, tampoco se identificó el sexo de los individuos en los grupos taxonómicos como los corales ( $n = 71$ ; 100 %), los crustáceos ( $n = 109$ ; 100 %), peces ( $n = 22$ ; 100 %), arácnidos ( $n = 1\ 403$ ; 99.6 %), anfibios ( $n = 294$ ; 96.7 %), aves ( $n = 6\ 219$ , 88.2 %), reptiles ( $n = 22\ 183$ ; 97.3 %) y mamíferos ( $n = 2\ 015$ ; 61.5 %) (Tabla 3).

En cuanto, a los individuos faunísticos en los que se identificó el sexo, el grupo taxonómico de los mamíferos fue el que registró mayor nú-



■ Figura 5. Tasa de los motivos de egreso de la fauna silvestre (por grupo taxonómico) en los CIVS entre 2005-2020.

Figure 5. Reason rate for wildlife outcomes (by taxonomic group) in the CIVS between 2005-2020.

■ Tabla 3. Ingresos y egresos de fauna silvestre por sexo (hembras y machos) reportados por los CIVS.

Table 3. Wildlife admissions and outcomes by sex (females and males) reported by the centres.

Grupo de fauna	Entradas			Salidas				
	Hembras	Machos	Sin especificar	Hembras	Machos	Sin especificar	Hembras liberadas	Hembras muertas
Anfibios	0	1	285	5	5	294	0	0
Arácnidos	7	2	1 430	4	2	1 403	0	0
Aves	304	381	6 143	376	457	6 219	95	122
Mamíferos	512	630	1 958	563	698	2 015	210	176
Peces	0	0	6	0	0	22	0	0
Reptiles	263	324	24 120	271	332	22 183	98	79
Corales	0	0	71	0	0	71	0	0
Crustáceos	0	0	89	0	0	109	0	0

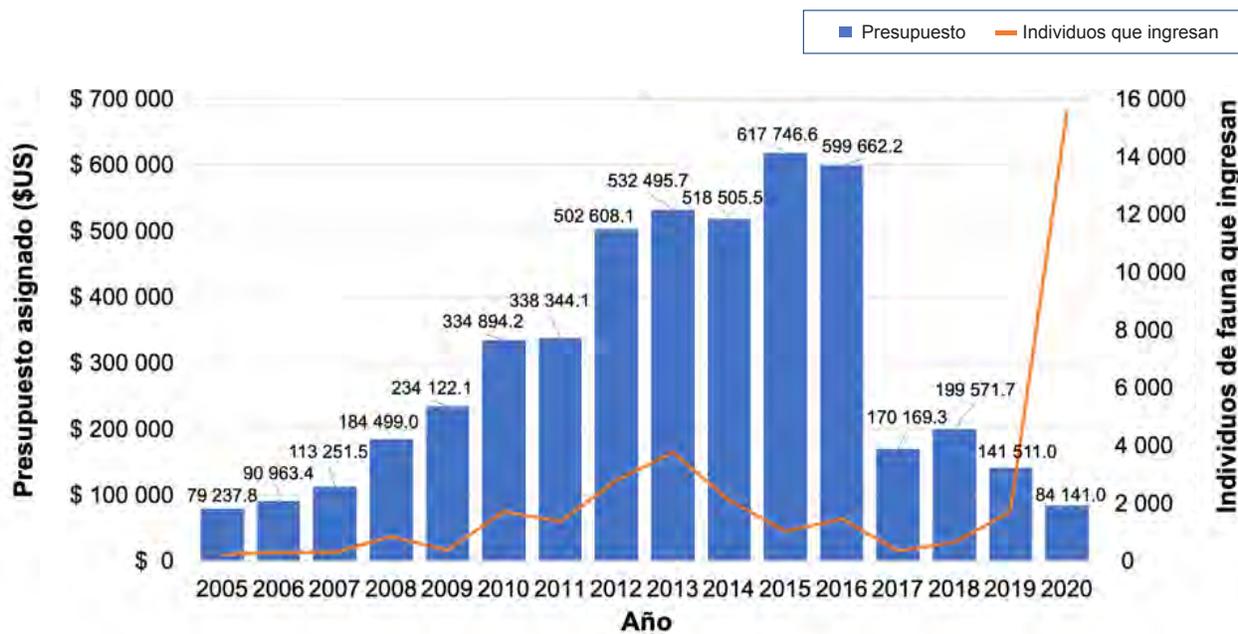
mero de ingresos de hembras (n = 512), seguido de las aves (n = 304), reptiles (n = 263) y arácnidos (n = 7). La cantidad de ejemplares hembra, que egresan de los CIVS es menor en comparación con los machos, salvo en arácnidos. En el caso de las especies liberadas, se reportó un mayor número de hembras para los grupos de mamíferos (n = 210, 37.3 %) y reptiles (n = 98, 36.1 %) en comparación con las muertes de los individuos de los mismos grupos (n = 176, 31.2 % y n = 79, 29.1 %, respectivamente). En las aves se reportaron más hembras muertas (n = 122, 32.4 %) que las liberadas (n = 95, 25.2 %).

**Presupuesto asignado y perfil del personal que labora en los CIVS**

Del 2005 (n = \$ 79 237.8 dólares americanos) al 2015 (n = \$ 617 746.6 dólares americanos) se aprecia una tendencia creciente de presupuesto asignado a los CIVS para operar, misma que comienza a descender a partir del 2016 (n = \$ 599 662.2 dólares americanos) (Figura 6). Este decremento coincide con que a finales del 2016 comenzaron a cerrar ope-

raciones los CIVS, al punto de quedar sólo 2 centros de rehabilitación funcionando al 2018 (Los Reyes y David Montes Cuevas). Al comparar la cantidad de individuos de fauna silvestre que ingresaron a los CIVS durante el periodo contra la asignación de presupuesto por año, se encontró que la tendencia de ingresos de fauna no ha disminuido, incluso incrementó en el 2019 (n = 1 716) y más en el 2020 (n = 15 568), mientras que el presupuesto asignado decrece, situación que lleva a atender más individuos de fauna silvestre con menos cantidad de CIVS y presupuesto.

Sobre la cantidad y perfil del personal que laboraba en los CIVS, en 3 de los 4 centros (San Felipe Bacalar, Guadalajara y San Bartolomé Tekax) laboraban en promedio 2 personas por año durante el periodo analizado (2005 al 2020) y en el CIVS Los Reyes lo hacían 10 personas en promedio por año. Si bien, el centro Los Reyes es donde más individuos de fauna ingresaron durante su periodo reportado (2012-2020) (n = 25 119), el segundo centro



Nota: los presupuestos asignados en pesos mexicanos se convirtieron a dólares americanos (\$US) considerando 17.13 pesos mexicanos un dólar (febrero 2024).

■ Figura 6. Presupuesto asignado y número de individuos de fauna silvestre que ingresan a los CIVS. Figure 6. Money awarded and number of wildlife individuals entering the CIVS.

con más ingresos fue el CIVS Guadalajara (2005-2017) ( $n = 8\ 016$ ), que contaba solo con 2 personas para cubrir la demanda de manejo de fauna silvestre que ingresó. A diferencia de los otros dos CIVS, donde uno recibió menos de la mitad de este último, y el otro no llegó ni a 100 individuos. Sobre el perfil de personal que laboraban en los CIVS, en todos los años analizados en los 4 CIVS se desempeñaba al menos un personal con perfil de Médico Veterinario Zootecnista (en Los Reyes laboraban 2 personas con ese perfil en promedio por año). Sólo en los CIVS Los Reyes y San Bartolomé Tekax ha laborado una persona con carrera en Biología.

## DISCUSIÓN

Desde finales del 2016, 3 de los 4 CIVS analizados dejaron de operar (San Felipe Bacalar en 2016, Guadalajara en 2017 y San Bartolomé Tekax en 2018) y tuvieron que canalizar la fauna en su posesión a otras instalaciones autorizadas, incluida la entrega a los 2 CIVS que continúan en operaciones (Los Reyes y David Montes Cuevas), lo que llevó a que desde finales del 2016 y años consecutivos en el CIVS Los Reyes ingresara más fauna, producto de la reubicación de otros centros. A pesar de que el CIVS Guadalajara reportó las tasas más altas de liberación de fauna a la naturaleza, cerró operaciones, sin saber a ciencia cierta la razón o justificación del cierre. En el país, al igual que ocurre en centros de atención y valoración de fauna en Colombia (Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021), se identificó que los CIVS no cuentan o no reportan información completa o continua entre periodos que permita hacer análisis más detallados o completos sobre la fauna que ingresa o egresa de estos.

Los tres grupos de animales que más ingresaron a los CIVS estudiados, fueron los reptiles, aves y mamíferos, lo que coincide con los centros de países como Colombia (Asprilla-Perea y col., 2013; Estrada-Cely, 2020; Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021), España (Molina-López y col., 2017), Italia (Dessalvi y col., 2021) e Inglaterra (Mullineaux y Pawson,

2023). El CIVS Los Reyes reportó el mayor número de ingresos, podría ser que al estar ubicado en el centro del país tendría relación con la cantidad de especies silvestres aseguradas y decomisadas de esa región (Castro-Salazar y col., 2022). Algunos estudios reportaron que las tasas más altas de atención en los centros de rehabilitación de vida silvestre se concentran en las aves (Asprilla-Perea y col. 2013; Dessalvi y col., 2021; Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021), mientras que en este trabajo, los reptiles ocuparon el primer lugar de ingresos (67.6 %), seguidos de las aves (18.7 %); que podría tener relación con la riqueza y diversidad de reptiles en México, de acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2020), o bien con la afición de la gente por tener reptiles como mascotas en el país (Carpio-Domínguez y col., 2018; Arroyo-Quiroz y col., 2021; Carpio-Domínguez, 2023).

Similar a estudios reportados en Colombia (Carrascal y col., 2013; Estrada-Cely, 2020; Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021), las aves psitácidas como la *Aratinga canicularis*, que son especies protegidas en México con categoría de riesgo, en donde se prohíbe su comercialización, junto con los reptiles *Kinosternon* spp y *Claudius angustatus*, fueron las especies que más ingresaron a los CIVS por aseguramientos y decomisos, lo que da muestra de la presencia y nivel del tráfico ilegal de especies protegidas en el país. Los peces ( $n = 6$ ), los corales ( $n = 71$ ) y los crustáceos ( $n = 89$ ) fueron los que menos ingresaron a los CIVS, hecho que pudiera deberse a que las autoridades federales como la PROFEPA y la FGR sólo están facultadas para asegurar especies acuáticas en riesgo (SEMARNAT, 2010) o que se encuentren en veda, lo que reduce la cantidad de especies acuáticas que pueden ser aseguradas y decomisadas y su posterior entrega a los CIVS.

Los aseguramientos y decomisos de fauna son el principal motivo de ingreso, y más del 50 % de los ingresos presentaron procedimientos administrativos o penales abiertos.

Eso implica que la fauna no pueda ser liberada al medio silvestre hasta que no se defina la situación legal y se emita un resolutorio jurídico que autorice su liberación, por lo que deben permanecer en confinamiento durante todo el tiempo que dura el proceso. Ello reduce sus posibilidades de posterior liberación, debido a que son más propensas a adquirir enfermedades, ser lastimadas, extraviadas, o se acostumbran al trato y manejo humano, se domestican, lo que disminuye sus probabilidades de éxito en caso de ser liberados en el medio silvestre. Se debe reducir el tiempo de estancia de la fauna en los centros de rehabilitación para evitar sufrimiento innecesario, de ahí la importancia de conseguir la liberación de forma más rápida y eficaz posible; desafortunadamente los tiempos de estancia apenas se reportan en la literatura (Molina-López y col., 2017). Estudios señalan que los tiempos de estancia de los animales en los centros depende de la especie y condiciones de ingreso (con lesiones, huérfanos, enfermos, entre otros), habiendo especies que pueden durar dos meses hospitalizados antes de ser liberados, pero indican un promedio de días de estancia de 17 d antes de ser liberados (Molina-López y col., 2017), aunque también se dan casos de liberación inmediata (Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021).

Los análisis estadísticos muestran que la tasa de mortalidad de la fauna que ingresa a los CIVS supera la tasa de liberación en la naturaleza, y si bien la tasa de canalización a otras instalaciones está por encima de las tasas de muertes, sería recomendable que las autoridades pertinentes dieran seguimiento a la historia de vida de cada individuo llevado a otros lugares con el fin de saber en qué condiciones se encuentran, y dependiendo del caso, saber cuál fue su destino final. Para comprender, los impactos a largo plazo de la rehabilitación de fauna silvestre, es necesario un seguimiento posterior a la salida de la fauna, como indagar en cuánto tiempo sobreviven los animales rehabilitados después de su liberación (Mullineaux y Pawson, 2023). La tasa de liberación de fauna en los CIVS

apenas superó el 11.4 %, por lo que es la tasa de liberación más baja al compararla con la reportada por otros países (p. ej., Colombia, España, Italia e Inglaterra), donde las tasas de liberación no superan el 45 % (Kirkwood, 2003) o 50 % (Molina-López y col., 2017). México también tiene la tasa de canalización/reubicación de fauna más alta (45.1 %) (Tabla 4). Si bien, la tasa de nacimientos en los CIVS es baja, estaría relacionada con que estos no tienen el objetivo de reproducir especies (artículo 38 de la Ley General de Vida Silvestre, 2021).

En otros hallazgos, la información que menos se registra de la fauna que ingresa a los centros es el sexo, en México el porcentaje de individuos sin identificar oscila entre el 61.5 % a 99.5 %, según la especie (Tabla 3). En centros de otros países como España, la cifra es del 55.0 % (Molina-López y col., 2017) y en Colombia del 67.7 % (Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021), incluso en el caso del centro de Inglaterra, rara vez se registró el sexo del animal (Mullineaux y Pawson, 2023).

Además, de la poca cantidad de CIVS en el país, no contar con centros en la región norte, y de las dificultades de accesibilidad geográfica para llevar fauna a estos centros (Castro-Salazar, 2023), la mayoría de los CIVS reportó tener poco personal y una disminución de presupuesto para su operación, que son dos condiciones necesarias que aportan a garantizar el éxito de liberar a la fauna en la naturaleza (Restrepo-Rodas y Pulgarín-Restrepo, 2021; Mullineaux y Pawson, 2023). Desafortunadamente, la falta de apoyo económico federal a los CIVS de gobierno no es exclusiva de estos centros, los recursos tanto humanos como económicos y materiales destinados a administrar, manejar y cuidar de la vida silvestre y de especies forestales en México han sido cuestionables (Castro-Salazar y Luyando-Cuevas, 2020; Castro-Salazar y col., 2021; 2022; Castro-Salazar, 2023). Desde la Criminología Verde, la falta de capacidad institucional para aportar a la conservación y protección de la fauna silves-

■ **Tabla 4. Tasas de ingresos y egresos reportadas para diferentes centros de conservación en diversos países.**

Table 4. Admissions and outcomes rates reported for different conservation centers in various countries.

Centro de rehabilitación	Salidas			
	Liberación	Muertes	Canalización	Otro**
CIVS en México	11.0 %	39.8 %	45.1 %	***
Chocó, Colombia (Asprilla-Perea y col., 2013)	58.0 %	2.2 %	9.7 %	30.1 %
Cataluña, España (Molina-López y col., 2017)	63.0 %	35.0 %	***	1.0 %
Génova, Italia (Dessalvi y col., 2021)	53.9 %	46.1 %	***	***
Valle del Cauca, Colombia (Morales-David y Mancera-Rodríguez, 2021)	39.0 %	27.0 %	7.0 %	***
Colombia* (Restrepo-Rodas y Pulgarín-Restrepo, 2021)	35.0 %	35.5 %	20.7 %	5.9 %
Somerset, Inglaterra (Mullineaux y Pawson, 2023)	42.6 %	56.4 %	***	***

\*Sólo analiza ingresos y egresos de individuos de loros.

\*\*Permanecen dentro del mismo centro o sólo menciona que permanecen en cautiverio.

\*\*\*Sin especificar.

tre se pueden considerar crímenes verdes secundarios, también conocidos como “simbióticos”, al ser actos de omisión o negligencia por parte de instituciones gubernamentales que dañan a la fauna (Beirne y South, 2007; Brisman y South, 2013; Potter, 2017).

## CONCLUSIONES

Los resultados presentados son el primer esfuerzo conocido en México sobre la situación de ingresos y egresos de fauna de los Centros de Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS), así como en describir la capacidad presupuestaria y de personal de los centros de rehabilitación. La principal aportación del estudio fue identificar que la tasa de mortalidad de la fauna silvestre supera a la de liberación, así como que el tráfico ilegal de especies en categoría de riesgo continúa en México, de acuerdo a la cantidad de psitácidos que ingresaron por aseguramientos y decomisos a los CIVS. El número de CIVS en el país es muy reducido para atender la demanda de casos a nivel nacional, incluso se identifica la ausencia de CIVS en la región norte, aunado a la falta de capacitación del personal, esto podría influir en la recepción de

individuos o en la rehabilitación, canalización o liberación. Además, entre las facultades de estos centros no está la reproducción de vida silvestre con fines de conservación, aunque se identificaron casos aislados de nacimientos de fauna dentro de los mismos. Sin embargo, es un esfuerzo de parte del personal, que aún con poca capacitación, espacios reducidos para la recepción de un vasto número de animales, y cada vez menos recursos presupuestarios, trata de ser eficaz. Incluso frente a las limitaciones identificadas, existe cooperación interinstitucional entre los CIVS y otras dependencias públicas como la Fiscalía General de la República y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en los ingresos de fauna, además de las entregas voluntarias por parte de la población civil, lo que representa la vinculación de estos centros con el sector público y la sociedad. Se resalta la importancia de mejorar el adecuado y continuo registro de datos de ingresos y egresos de fauna en los CIVS ante ausencias en los reportes proporcionados que limita realizar análisis más completos y profundos. Además, de incrementar el personal capacitado, sobre todo en las especies recibidas con mayor frecuencia, así

como mejorar el presupuesto para los CIVS, a fin de que puedan lograr sus objetivos de manera más eficaz. También es importante que en el futuro, se realicen investigaciones que den seguimiento a la fauna liberada y canalizada a otras instalaciones para aportar a conocer las tasas de supervivencia.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Aprile, G. y Bertonatti, C. (1996). Manual sobre Rehabilitación de Fauna. Boletín Técnico N°31. Fundación de Vida Silvestre Argentina. [En línea]. Disponible en: <https://claudiobertonatti.wixsite.com/naturaycultura/fauna-y-flora>. Fecha de consulta: 24 de abril de 2024.
- Arroyo-Quiroz, I., Carpio-Domínguez, J. y Díaz-Rentería, P. (2021). Comercio y posesión de fauna silvestre en la industria de mascotas de México: Una perspectiva criminológica verde. En N. Hernández-Jiménez (Ed.), *Temas criminológicos Latinoamericanos: Teoría, evidencia empírica y ejecución penal* (pp. 185-232). Tirant Lo Blanch, Colombia. <https://ru.crim.unam.mx/handle/123456789/831>
- Asprilla-Perea, J., Serna, J. E. y Palacios, Y. (2013). Diagnóstico sobre el decomiso de fauna silvestre en el Departamento del Chocó (Pacífico Norte Colombiano). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 175-184. <https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n1.2013.873>
- Beirne, P. and South, N. (2007). *Issues in Green Criminology. Confronting harms against environments, humanity and other animals*. Willan Publishing. <https://doi.org/10.4324/9781843926344>
- Brieva, C. y Gutiérrez, G. (2022). El concepto de impronta y su uso en la literatura de cuidado y rehabilitación de fauna silvestre. *Tesis Psicológica: Revista de la Facultad de Psicología*, 17(1), 1-32. <https://doi.org/10.37511/tesis.v17n1a2>
- Brisman, A. & South, N. (2013). A green-cultural criminology: An exploratory outline. *Crime, Media, Culture*, 9(2), 115-135.
- Burton, E. & Tribe, A. (2016). The rescue and rehabilitation of Koalas (*Phascolarctos cinereus*) in Southeast Queensland. *Animals*, 6(9), 56. <https://doi.org/10.3390/ani6090056>
- Carpio-Domínguez, J. (2023). Posesión de animales exóticos como mascotas en México. Una aproximación criminológica verde desde los reportes hemerográficos durante 2008-2018. *Constructos Criminológicos*, 3(5), 127-154. <https://doi.org/10.29105/cc3.5-56>
- Carpio-Domínguez, J., Vargas-Orozco, C., Meraz-Esquivel, M. y Villarreal-Sotelo, K. (2018). Las redes sociales como factor criminógeno de la venta ilegal de especies en Tamaulipas (México): el caso de Facebook. *CienciaUAT*, 13(1), 9-34. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.972>
- Carrascal, V. J., Chacón, P. J. y Ochoa, C. V. (2013). Ingreso de psittacidos al centro de atención de fauna (CAV-CVS), durante los años 2007-2009. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1), 3414-3419. <https://doi.org/10.21897/rmvz>
- Castro-Salazar, J. (2023). Estrategias legales e institucionales para asegurar y trasladar fauna silvestre a centros de rehabilitación en México. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, (44), 1-22. <http://www.coltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/view/291>
- Castro-Salazar, J., Carpio-Domínguez, J. y Arroyo-Quiroz, I. (2021). Acciones y limitantes institucionales en la aplicación de la legislación forestal en México en el periodo 2009-2019. *Revista de el Colegio de San Luis*, 11(22), 1-36. <https://doi.org/10.21696/rcsl112220211325>
- Castro-Salazar, J., Carpio-Domínguez, J. y Arroyo-Quiroz, I. (2022). Criminología verde, esfuerzo de aplicación de las regulaciones sobre vida silvestre en México entre el 2006 y 2020. *Constructos Criminológicos*, 2(2), 109-134. <https://doi.org/10.29105/cc2.2-21>
- Castro-Salazar, J. y Luyando Cuevas, J. R. (2020). Evaluación de la actividad de inspección de recursos forestales en México. *Textual*, (75), 11-35. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2019.75.01>
- Chaves, A., Montecino-Latorre, D., Alcázar, P., & Suzán, G. (2021). Wildlife rehabilitation centers as a potential source of transmission of SARS-CoV-2 in-

to native wildlife of Latin America. *Biotropica*, 53(4), 987-993. <https://doi.org/10.1111/btp.12965>

Choperena, M. y Mancera-Rodríguez, N. (2016). Lineamientos para el seguimiento y monitoreo post-liberación de fauna silvestre rehabilitada. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 411-424.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020). México Megadiverso. Gobierno de México. [En línea]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>. Fecha de consulta: 13 de junio de 2023.

Crespo-Martínez, J., Izquierdo-Rosiqueb, A., & Surroca-Royo, M. (2014). Causes of admission and final dispositions of hedgehogs admitted to three Wildlife Rehabilitation Centers in eastern Spain. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 25(2), 107-110. <https://doi.org/10.4404/hystrix-25.2-10248>.

Dessalvi, G., Borgo, E., & Galli, L. (2021). The contribution to wildlife conservation of an Italian Recovery Centre. *Nature Conservation*, 44, 1-20. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.44.65528>

Drews C. (1999). Rescate de fauna en el Neotrópico: cerrando el milenio. En C. Drews (Ed.), *Rescate de fauna en el neotrópico*. Editorial Universidad Nacional.

Estrada-Cely, G. (2020). Fauna silvestre posdecomiso: entre la eutanasia, el encarnizamiento terapéutico y la distancia. *FAGROPEC Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 12(1), 11-27. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v12n1a1>

Godoy-Steindl, G., Peñaloza-Madrid, D., Salfattis-Chandia, J., Pizarro-Guzmán, B., Roca-Acevedo, C., Leiva-Espinosa, N. y Villa, F. (2023). Rehabilitación de un ejemplar de Tortuga verde del Pacífico (*Chelonia mydas*) por ingesta de plástico y posterior trauma en vida silvestre. *Ciencia Veterinaria*. 25(2), 199-209. <https://doi.org/10.19137/cienvet202325209>

Hanson, M., Hollingshead, N., Schuler, K., Siemer, W., Martin, P., & Bunting, E. (2021). Species, causes, and outcomes of wildlife rehabilitation in New York State. *PloS ONE*, 16(9), e0257675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257675>

Heathcote, G., Hobday, A., Spaulding, M., Gard, M., & Irons, G. (2019). Citizen reporting of wildlife interactions can improve impact-reduction programs and support wildlife carers. *Wildlife Research*, 46(5), 415-428. <https://doi.org/10.1071/WR18127>

Janssen, K., Marsland, C., Barreto, M., Charalam-

bous, R., & Narayan, E. (2020). Identifying the Stressors Impacting Rescued Avian Wildlife. *Animals*, 10(9), 9. <https://doi.org/10.3390/ani10091500>

Kandir, E. & Gül, T. (2020). Retrospective study on wild orphan animals in Afyon Kocatepe University wildlife rescue rehabilitation, training, practice and research center (Akurem). *Kocatepe Veterinary Journal*, 13(3), 272-280.

Karesh, W. (1995). Wildlife rehabilitation: additional considerations for developing countries. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 26 (1), 2-9.

Kirkwood, J. K. (2003). Introduction: wildlife casualties and the veterinary surgeon. In E. Mullineaux, D. Best, & J. E. Cooper (Eds.), *BSAVA Manual of Wildlife Casualties* (pp. 1-6). British Small Animal Veterinary Association: Gloucester. [http://ostochka.ru/gallery/BSAVA\\_Manual\\_of\\_Wildlife\\_Casualties.pdf](http://ostochka.ru/gallery/BSAVA_Manual_of_Wildlife_Casualties.pdf)

Kwok, A., Haering, R., Travers, S., & Stathis, P. (2021). Trends in wildlife rehabilitation rescues and animal fate across a six-year period in New South Wales, Australia. *PLoS ONE*, 16(9), e0257209. <https://doi.org/10.1371/journal>

Ley General de Vida Silvestre (2021). Última reforma publicada el 20 de mayo de 2021. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. [En línea]. Disponible en: [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146\\_200521.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf). Fecha de consulta: 17 de junio de 2023.

Mariacher, A., Gherardi, R., Mastroilli, M., & Melini, D. (2016). Causes of admission and outcomes of Long-eared Owl (*Asio otus*) in wildlife rescue centres in Italy from 2010 to 2014. *Avian Biology Research*, 9(4), 282-286. <https://doi.org/10.3184/175815516X14739467542487>

Miller, E. (2012). *Minimum standards for wildlife rehabilitation* (Fourth edition). National Wildlife Rehabilitators Association and International Wildlife Rehabilitation Council. [En línea]. Disponible en: <https://thewrc.org/wp-content/uploads/2011/05/Standards-4th-Ed-2012-final.pdf>. Fecha de consulta: 24 de abril de 2024.

Molina-López, R., Mañosa, S., Torres-Riera, A., Pomarol, M., & Darwich, L. (2017). Morbidity, outcomes and cost-benefit analysis of wildlife rehabilitation in Catalonia (Spain). *PLoS ONE*, 12(7), e0181331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181331>

Morales-David, C. y Mancera-Rodríguez, N. J. (2021). Manejo, valoración y atención de la fauna

silvestre en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Revista Luna Azul (On Line)*, 52, 105-125. <https://doi.org/10.17151/luaz.2021.52.6>

Mullineaux, E. & Pawson, C. (2023). Trends in Admissions and Outcomes at a British Wildlife Rehabilitation Centre over a Ten-Year Period (2012–2022). *Animals*, 14(1), 86. <https://doi.org/10.3390/ani14010086>

Paterson, J., Carstairs, S., & Davy, C. (2021). Population-level effects of wildlife rehabilitation and release vary with life-history strategy. *Journal for Nature Conservation*, 61, 125983. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.125983>

Potter, G. (2017). Criminología verde como eco-criminología: El desarrollo de una ciencia social del crimen ecológicamente informada. En H. Mol, D. Goyes, N. South y A. Brisman (Eds.), *Introducción a la Criminología Verde. Conceptos para nuevos horizontes y diálogos socioambientales* (pp. 31-49). Editorial Themis-Universidad Antonio Nariño.

Pyke, G. & Szabo, J. (2018). Conservation and the 4 Rs, which are rescue, rehabilitation, release and research. *Conservation Biology*, 32(1), 50-59. <https://doi.org/10.1111/cobi.12937>

Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (2014). Última reforma publicada el 9 de mayo de 2014. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. Disponible en: [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGVS.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGVS.pdf). Fecha de consulta: 19 de junio de 2023.

Restrepo-Rodas, D. C. y Pulgarín-Restrepo, P. C. (2021). Dinámicas de los loros en cautiverio en Colombia: tráfico, mortalidad y liberación. *Ornitología Colombiana*, (16), 1-23. <http://asociacioncolombiana deornitologia.org/revista-ornitologia-colombiana/>

Romero, F., Espinoza A., Sallaberry-Pincheira, N., & Napolitano, C. (2019). A five-year retrospective study on patterns of casuistry and insights on the current status of wildlife rescue and rehabilitation centers in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 92(6), 2-10. <https://doi.org/10.1186/s40693-019-0086-0>

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010. Gobierno de México. [En línea]. Disponible en: [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf). Fecha de consulta: 11 de julio de 2023.

Tardieua, L., Rollockb, W., & Garcia G. W. (2020). Wildlife rehabilitation: A case study of the neotro-

pical, opossum *Didelphis marsupialis insularis*, Allen 1902. *Brazilian Journal of Biology*, 80(3), 529-534. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.214757>

Yarnel, R., Surgery, J., Grogan, A., Thompson, R., Davies, K., & Kimbrough, C. (2019). Should rehabilitated hedgehogs be released in winter? A comparison of survival, nest use and weight change in wild and rescued animals. *European Journal of Wildlife Research*, 65(1), 6. <http://doi.org/10.1007/s10344-018-1244-4>



Monitor comunitario en la Reserva de la Biosfera El Cielo



Laguna Madre y Delta del Río Bravo  
Imágenes de: Frida Carmina Caballero Rico

# Los monitores comunitarios y su participación en proyectos de investigación: Estudio de caso en tres áreas naturales protegidas de México

## Community monitors and their participation in research projects: Case study in three natural protected areas in Mexico

Frida Carmina Caballero-Rico<sup>1\*</sup>, Vicente Paul Saldivar-Alonso<sup>2</sup>, Rubén Ortega-Álvarez<sup>3</sup>, José Alberto Ramírez-de-León<sup>4</sup>

### RESUMEN

Los monitores comunitarios (MC) participan de forma estratégica en proyectos de investigación como actores no científicos, por pertenecer a comunidades locales del área de estudio y conocer su biodiversidad; sin embargo, existe poca información respecto a su impacto, quehacer y contribución. El objetivo del presente trabajo fue determinar la colaboración de los MC en tres áreas naturales protegidas (ANP) de México (Tamaulipas y Veracruz). Mediante entrevistas semi-estructuradas se estableció el tipo de interacciones existentes entre los MC, investigadores responsables de proyectos, miembros de entidades públicas que otorgan financiamiento y el representante de una organización no gubernamental. Se revisaron 31 reportes finales de 15 investigadores que trabajaron con MC para corroborar el registro de la contribución. Su actividad se registró desde 2002, principalmente en monitoreo de aves (35.48 %), recolectando muestras, datos, información y recursos, ayudando a interpretar resultados y extraer conclusiones. Los beneficios percibidos de su participación como MC los reflejaron en el ámbito personal, local, institucional y de conservación. Los proyectos fueron su principal fuente de aprendizaje, otorgándoles experiencia, capacitación y conocimientos, que les permitió incorporarse a nuevos proyectos y mejorar su trabajo como guías de turistas, su otra fuente de ingresos. Manifestaron falta de valoración y certificación de sus conocimientos como MC, limitando su desarrollo y situación económica. Se localizaron 12 productos académicos, que incluían a 2 MC como autores, y que fueron generados por 2 investigadores de los 15 que participaron en este estudio, lo que indica su exclusión y falta de reconocimiento. Se requieren acciones que permitan certificar su conocimiento como MC, para facilitar su desarrollo y mejorar su situación económica. Esto evitaría poner en riesgo su contribución, de vasta experiencia empírica-técnica que ha obtenido con su labor a lo largo del tiempo.

**PALABRAS CLAVE:** monitores comunitarios, proyectos de investigación, biodiversidad, conservación, comunidades locales.

### ABSTRACT

Community monitors (CMs) are strategically involved in research projects as non-scientific actors because they belong to local communities in the study area and know their biodiversity; however, there is little information on their impact, work, and contribution. The objective of this study was to determine the collaboration of CMs in three natural protected areas (NPAs) in Mexico (Tamaulipas and Veracruz). Semi-structured interviews were used to establish the nature of the interactions between CMs, researchers in charge of projects, members of public institutions that provide funding, and the representative of a non-governmental organization. Thirty-one final reports of 15 researchers who worked with CMs were reviewed to corroborate the contribution record. Their activities were recorded since 2002, mainly in bird monitoring (35.48%), collecting samples, data, information and resources, and helping to interpret results and draw conclusions. The perceived benefits of their participation as CMs were reflected at the personal, local, institutional and conservation levels. The projects were their main source of learning, providing them with experience, training and knowledge that allowed them to join new projects and improve their work as tour guides, their supplemental source of income. They reported a lack opportunities for the valuation and certification of their knowledge as CM, which limited their development and economic situation. Twelve academic products were found in which 2 CMs were authors and which were produced by 2 researchers out of the 15 who participated in this study, indicating their exclusion and lack of recognition. Actions are needed to certify their knowledge as CM, to facilitate their development and to improve their economic situation. This would avoid jeopardizing their contribution, the vast empirical-technical experience they have acquired through their work over time.

**KEYWORDS:** community monitors, research projects, biodiversity, conservation, local communities.

\*Correspondencia: fcaballer@uat.edu.mx/ Fecha de recepción: 19 de marzo de 2024/ Fecha de aceptación: 2 de julio de 2024/ Fecha de publicación: 19 de julio de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Comercio y Administración, Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C. P. 87149. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C. P. 87149. <sup>3</sup>Centro de Estudios e Investigación en Biocultura, Agroecología, Ambiente y Salud (CIAD-CEIBAAS Colima), Colima, México, C. P. 28040. <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, C. P. 87149.

## INTRODUCCIÓN

La complejidad de la crisis de biodiversidad exige un cambio de paradigma en los procesos de gestión de la biodiversidad. La forma en que se concibe y se aborda la conservación de la biodiversidad, implica comprender la relación íntima entre la naturaleza y las sociedades humanas (Reed y Rudman, 2022). Requiere nuevos enfoques para el diseño de políticas y acciones específicas a partir de las características de los contextos locales (Atanga, 2017; IPBES, 2019; Dawson y col., 2021; Napogbong y col., 2021), que orienten a buscar el valor público e incorporar las visiones y desafíos de las comunidades locales, investigadores, tomadores de decisiones y otras partes interesadas (Derbile y col., 2022; Reed y Rudman, 2022).

En el caso de los participantes no científicos, la colaboración puede presentar dos vertientes, la primera donde los científicos trabajan con voluntarios generalmente en países con recursos financieros, apoyados por tecnologías. Y, la otra vertiente, sería el monitoreo desde la comunidad, donde miembros dedicados a la pesca, agricultura, recolectores de productos forestales u otros interesados como guías ecoturísticos, productores pecuarios participan con científicos en la conservación (Danielsen y col., 2021; 2022). Este enfoque, que reconoce la diversidad de conocimientos y saberes, se ha denominado “two-eyed seeing”, y es especialmente relevante en contextos donde se combinan métodos de investigación indígenas o de pobladores locales con la investigación científica convencional (Peltier, 2018).

En distintos contextos se ha demostrado que la participación de los miembros de la comunidad y la integración del conocimiento tradicional son fundamentales para lograr el éxito en los procesos de conservación (Ostrom, 2007; Eicken y col., 2021; Danielsen y col., 2022). Estudios realizados por Eitzel y col. (2017) y Phillips y col. (2019) han encontrado que la contribución de participantes no científicos va más allá de la recopilación de datos; amplía el conocimiento científico, mejora

las habilidades en protocolos de recogida de datos e identificación de plantas y anillamiento de aves, habilidades fundamentales tanto para los participantes como para la calidad de los proyectos (Land-Zandstra y col., 2021).

En naciones en desarrollo, donde la biodiversidad es abundante y los recursos económicos escasos, la recolección de datos sobre flora y fauna se ve limitada, lo que dificulta la conservación de la biodiversidad (Margules y Pressey, 2000). No obstante, de que existen personas en comunidades cercanas que podrían contribuir significativamente a los procesos de investigación y conservación (Danielsen y col., 2009; Schmiedel y col., 2016). Ciertamente, estos individuos, carecen de formación científica, pero poseen un conocimiento sobre los recursos locales, y pueden ser aliados importantes en promoción del uso sostenible de los recursos naturales (Danielsen y col., 2021), a la vez que fortalecen a las comunidades al proporcionarles una información más completa y precisa sobre su territorio (Chandler y col., 2017).

En Colombia, durante 2019 y 2020, se desarrolló un esquema de monitoreo con las comunidades a escala local en Montes de María, donde participaron tres asociaciones comunitarias de agricultores de mujeres y hombres, víctimas del conflicto armado (Arce-Plata y col., 2020). Mientras que, en Costa Rica, India, Papúa Nueva Guinea y África meridional, la figura de los paraecólogos o parataxonomistas ha demostrado ser una estrategia eficaz para integrar a miembros no científicos en equipos de investigación. Hombres y mujeres sin formación académica formal que poseen conocimientos locales, son capacitados para trabajar en campos de la ciencia ecológica y taxonómica, como parte del equipo formal de investigación (Janzen, 2004; Schmiedel y col., 2016).

En México, la figura de “monitores comunitarios” (MC) se refiere a individuos de comunidades nativas o rurales que, a pesar de no contar con formación científica convencional,

reciben capacitación básica y equipamiento al unirse al programa de monitoreo de aves (Manual de monitoreo de aves, 2012). Incorporación comúnmente impulsada, por las restricciones económicas y dificultad para contratar personas (Vallejo-Novoa, 2023).

Se reconoce que estos participantes no científicos poseen conocimientos empíricos detallados del lugar donde habitan y además tienen la capacidad para “leer” los territorios que los rodea (Janzen, 2004; Janzen y Hallwachs, 2011; Schmiedel y col., 2016). A pesar de reconocer, la aportación de los participantes no científicos resulta complejo dar seguimiento y valorar su contribución a la conservación por diversas razones: los investigadores suelen omitir información que permita identificar a los participantes no científicos (Moczek y col., 2021), generalmente no les otorgan reconocimiento en las publicaciones, ya que el sistema de recompensas de los investigadores no valora la coproducción de conocimiento para resolver problemas reales (Cagan, 2013; Tregoning, 2018), y las entidades públicas suelen carecer de las capacidades necesarias para dar seguimiento a dichas contribuciones, así como para reconocer y certificar las habilidades específicas de los participantes no científicos, como lo señalan Bell y col. (2011) y Crall y col. (2011).

Agnello y col. (2022), categorizaron los beneficios percibidos por los participantes no científicos en tres tipos: altruistas, individuales y organizativos. En el caso de los MC, la carencia de investigaciones dificulta la comprensión de las motivaciones de su participación. Se desconoce si estas motivaciones se ven afectadas por la formación recibida, las interacciones con otros actores o el paso del tiempo, o por las contribuciones realizadas al conocimiento científico, como se exploró en el estudio de Levontin y col. (2018) sobre las motivaciones de los voluntarios. Dichas lagunas de información obstaculizan la comprensión de la trayectoria y las funciones de colaboración de los MC.

El objetivo de este estudio fue caracterizar la contribución de los Monitores Comunitarios (MC) al desarrollo de proyectos de investigación y conservación en áreas naturales protegidas (ANP) en México, desde la perspectiva de los propios MC, investigadores (INV), miembros de entidades públicas (MEP) y representantes de organizaciones no gubernamentales (ONG).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, utilizando la teoría fundamentada para descubrir patrones emergentes en los datos (Glaser y Strauss, 1967; Corbin y Strauss, 1990).

### Dimensiones del estudio

1. Contexto: entorno de las ANP en las que MC desarrollan su trabajo y participan en proyectos de investigación y conservación.
2. Procesos de formación y desarrollo: diferentes métodos y procesos mediante los cuales los MC adquieren conocimientos y habilidades para realizar su trabajo y participar en proyectos de investigación y conservación. Así como las certificaciones obtenidas. Se distinguen dos tipos de formación: formal e informal.
3. Contribución de los MC en los proyectos de investigación y conservación, a partir del modelo propuesto por Bonney y col. (2009), que clasifica los proyectos de participación pública en la ciencia en tres categorías:
  - Proyectos contributivos: los ciudadanos aportan principalmente datos, y son diseñados por científicos.
  - Proyectos colaborativos: los ciudadanos también aportan datos, pero además pueden ayudar a mejorar el diseño del proyecto, analizar los datos o difundir los resultados.
  - Proyectos de creación conjunta: tanto científicos como ciudadanos trabajan juntos y los participantes públicos están involucrados activamente en todas o la mayoría de las etapas del proceso científico.

4. Beneficios y desafíos: se refiere a las diversas retribuciones (económicas, relacionales, valoración, créditos) que los MC obtienen por su participación en proyectos de investigación, así como los desafíos que enfrentan (institucionales, inseguridad, económicos).

**Contexto**

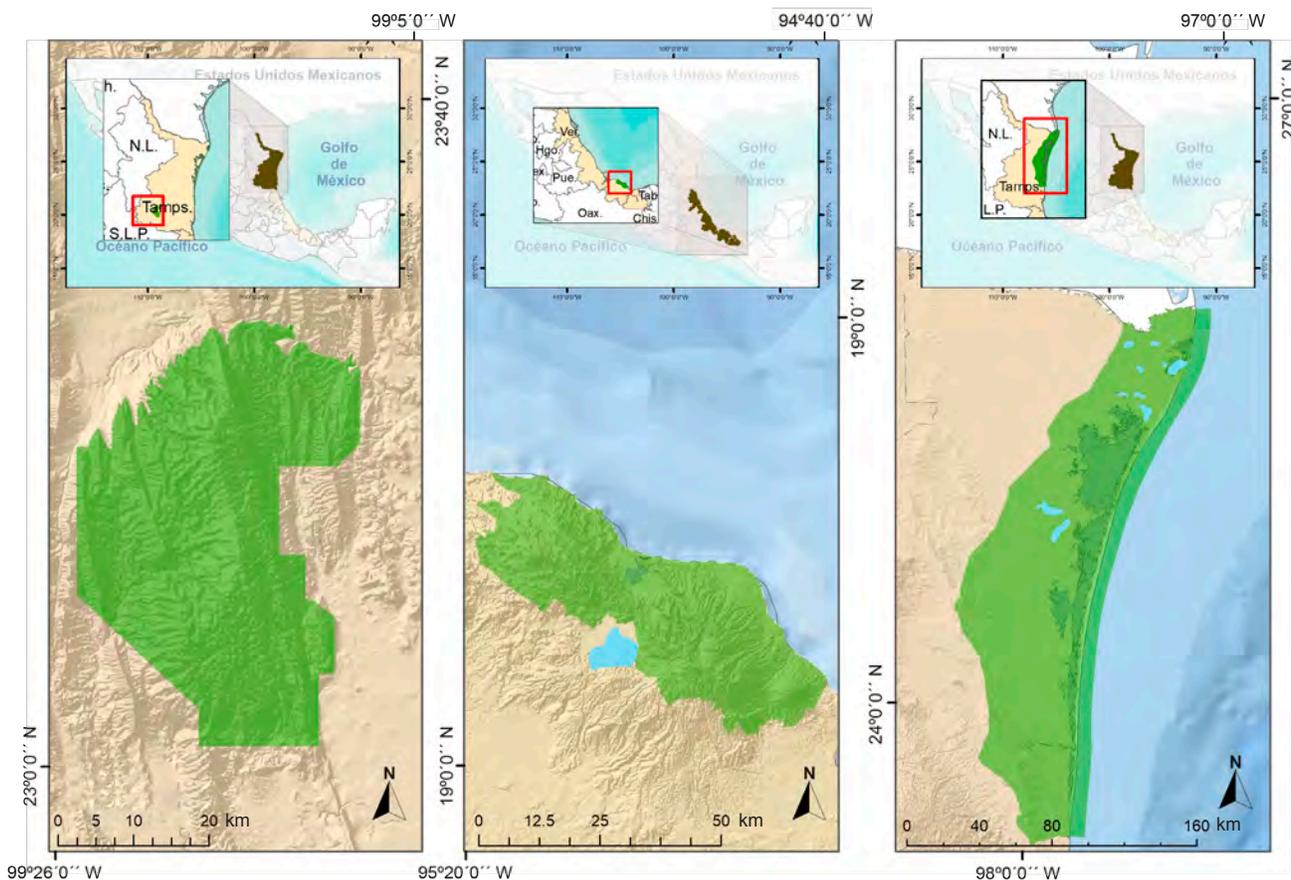
El dominio específico de interés es la participación de MC que colaboran con INV en tres ANP, ubicadas en dos estados del noreste de México, con distintos ecosistemas y esquemas de administración (Figura 1).

**Tamaulipas**

**Reserva de la Biosfera El Cielo (RBC)**

Es una reserva administrada por el gobier-

no del estado de Tamaulipas. Su decreto de creación se publicó en el Periódico Oficial del Estado (POE) (Gobierno del Estado de Tamaulipas, 1985). Desde 1986 pertenece a la Red del programa sobre el Hombre y la Biosfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (MAB-UNESCO, por sus siglas en inglés: Man and Biosphere-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (UNESCO, 2013); a partir de 2002 está integrada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de acuerdo a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2022), donde se reúnen aquellas con biodiversidad y características ecológicas de especial relevancia para el país. Su categoría de mane-



Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984; Dato: WGS 1984; Unidades: Degree; Créditos de capa de servicio: Esri, USGS, NOAA.

■ **Figura 1.** Ubicación de las tres áreas naturales protegidas. A) Reserva de la Biosfera El Cielo; B) Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas; C) Laguna Madre y Delta del Río Bravo.  
 Figure 1. Location of the three natural protected areas. A) El Cielo Biosphere Reserve; B) Los Tuxtlas Biosphere Reserve; C) Laguna Madre and Delta del Río Bravo.

jo es reserva de la Biosfera. Su extensión es de 269 256.45 ha (Gobierno del Estado de Tamaulipas, 2013) y su población es de 12 456 habitantes, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021).

La RBC se localiza al suroeste del estado de Tamaulipas, en los municipios de Gómez Farías, Llera, Jaumave y Ocampo, abarcando una porción de la Sierra Madre Oriental en las vertientes conocidas como sierra de Cucharas o de Guatemala y la sierra Chiquita. El área de influencia que se suma a la estrategia de conservación, manejo y protección a partir de la publicación de este documento equivale a 124 723.5 ha, por lo que se amplía la superficie protegida de la reserva de la Biosfera El Cielo a 269 253.5 ha (Gobierno del Estado de Tamaulipas, 2013).

#### Laguna Madre y Delta del Río Bravo

En el 2004, se declaró un sitio RAMSAR (Sitios Ramsar, 2004). El día 14 de abril de 2005 se estableció mediante Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2005) con categoría de manejo de Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo. En 2006 se integró a la Red MAB-UNESCO (UNESCO, 2006a) y al SINAP (CONANP, 2024a).

Esta ANP está ubicada entre los municipios de Matamoros, San Fernando y Soto La Marina, en el estado de Tamaulipas, con una superficie terrestre y/o aguas continentales de 572 808.60 ha, y una población total estimada de 17 199 habitantes (CONANP, 2024a). Alberga el más extenso de los ecosistemas de los denominados hipersalinos, e incluye importantes ciénegas intermareales que alcanzan las 50 800 ha y una considerable riqueza de humedales. La riqueza y diversidad biológica que posee se deben a su ubicación, ya que se encuentra entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical (DOF, 2015).

#### Veracruz

##### Los Tuxtlas

Es una reserva administrada por el gobierno

federal. Su decreto de creación se publicó en 1998 (DOF, 1998). En el año 2000 forma parte del SINAP (CONANP, 2022). Y en el año 2006 se integró a Red MAB-UNESCO (UNESCO, 2006b). Su categoría de manejo es reserva de la Biosfera. Cuenta con una superficie total de 155 122.46 ha, y una población total estimada de 28 611 habitantes (CONANP, 2024b). Es depositaria de una enorme biodiversidad, comparable con pocas áreas de México (DOF, 2009). La región también es importante desde el punto de vista socioeconómico y cultural (CONANP, 2022).

#### Proceso del estudio

La investigación se desarrolló en tres etapas durante el periodo de enero a diciembre de 2022.

##### Primera etapa-Análisis documental

Se realizó una búsqueda abierta en el Google académico, de publicaciones de artículos científicos, manuales, libros o capítulos de libros y materiales audiovisuales, utilizando las frases de “monitor comunitario” y “reserva de la Biosfera El Cielo”, “reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas” y “Laguna Madre y Delta del Río Bravo”, para identificar los productos académicos donde participaron los MC.

Se ubicaron 88 productos académicos que cumplían con los criterios establecidos, que era mencionar a cualquiera de las tres ANP y que aparecieran “monitores comunitarios”. Se revisó de forma exhaustiva el nombre del trabajo y la ficha autoral, para evitar la duplicidad de las publicaciones. Se depuraron 79 productos académicos, que eran de las áreas de estudio, pero algunos estaban duplicados o no se incluían los nombres de los MC como autores, por lo que solo quedaron 9.

Se realizó una búsqueda en Google, utilizando los nombres de los MC que se habían localizado en el Google académico, y se identificaron 3 publicaciones adicionales, las cuales fueron integradas al estudio, quedando un total de 12 publicaciones.

##### Segunda etapa-Análisis cualitativo

Se diseñó una guía de entrevista semiestruc-

turada. Para validar su contenido, se entrevistó a los 2 INV de las 12 publicaciones localizadas (uno aparece en 11 y el otro solo en 1); a 2 MC, uno de la reserva de la Biosfera El Cielo y otro de la Biosfera de los Tuxtlas (mencionados en 11 y 10 de las publicaciones encontradas). De esas entrevistas, se recomendó la validación de un MEP asociada con el trabajo de MC. El INV con más publicaciones de las zonas analizadas (11) y el MEP realizaron algunas precisiones que fueron incorporadas en la entrevista.

### Entrevistas validadas

A partir de las 5 entrevistas (las cuales se repitieron, ya validadas) se trabajó con la técnica de bola de nieve (Atkinson y Flint, 1970; Patton, 1990), la cual permite identificar y agregar participantes clave que pueden proporcionar perspectivas valiosas y, a menudo, conducir a otros participantes potenciales, ampliando la profundidad de la comprensión del tema estudiado. Al final de cada entrevista, se les preguntaba a los participantes

sobre otras personas con las que se han relacionado durante el ejercicio de su trabajo, que pudieran aportar datos importantes a la investigación. De las entrevistas, surgieron nombres de MC, MEP e INV, así como de proyectos de las ANP estudiadas.

El tamaño de la muestra estuvo sujeto a la saturación teórica de la información, que se dio mediante la transcripción y análisis al término de cada entrevista, al encontrar que ya no se aportaba nueva información y que era repetitiva, quedando una muestra conformada por 24 personas, que para un estudio de caso es válida (Thomson, 2010). Los participantes se conformaron de la siguiente manera: 5 MC (3 MC que habían participado en proyectos de investigación, 2 de ellos aparecían como autores del algún producto académico; en cuanto a los otros 2 MC, 1 era guía de turistas y 1 más se dedicaba a la validación de datos de otros monitores en la reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas), 15 INV, 3 MEP y 1 gestor de una ONG (Tabla 1).

■ **Tabla 1. Actores entrevistados por área de estudio.**

Table 1. Interviews by areas of study and type of participants.

Actores	Biosfera El Cielo (Estatal)	Laguna Madre y Delta del Río Bravo (Federal)	Biosfera de Los Tuxtlas (Federal)	Total (n = 24)
Monitores comunitarios	1 (MC1*)	1 (MC5)	3 (MC2, MC3, MC4)	5
Investigadores	12***	2	1**	15
Miembros de entidades públicas	--	(1****) (MEP1)	2 (MEP2, MEP3)	3
Organización no gubernamental	--	1	--	1

\*MC1 trabajaba en la reserva de la Biosfera El Cielo (donde se contabilizó únicamente), pero también lo había hecho en la reserva de Biosfera de los Tuxtlas.\*\*INV1 había trabajado en la reserva de la Biosfera El Cielo, pero se contabilizó en la reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, donde ha desarrollado más su investigación;\*\*\*INV2 ha trabajado en la Laguna Madre y Delta del Río Bravo, sin embargo ha desarrollado más su investigación en la reserva de la Biosfera El Cielo (donde se contabilizó);\*\*\*\*MEP trabajó en la Biosfera El Cielo, pero al momento de la entrevista lo hacía en la Laguna Madre y Delta del Río Bravo (donde se contabilizó).

El tamaño de la muestra no busca representatividad estadística, sino profundidad y riqueza en los datos para comprender mejor un fenómeno específico. La elección del tamaño de muestra es flexible y se ajusta a medida que avanza el estudio, enfocándose en lograr la “saturación de categorías” (Thompson, 2010). En términos de números, aunque no hay un estándar fijo, se sugiere que para métodos como la Teoría Fundamentada (Corbin y Strauss, 2008), las entrevistas o la observación, un rango de 20 a 30 participantes puede ser adecuado. Esto permite obtener una comprensión rica y detallada del área de estudio, asegurando que los principales temas y variaciones se capturen de manera efectiva.

Las opiniones de los entrevistados se consideraron plenamente representativas, los MC son personas de la comunidad que han sido capacitadas inicialmente por la CONABIO para monitorear aves. Han desarrollado y realizan actividades relacionadas con la investigación y la conservación. Ellos destacaron a INV y MEP con los que trabajaron a diciembre de 2022. Los INV pertenecen a diversas instituciones que han efectuado investigaciones en las ANP analizadas y han involucrado activamente a los MC en el desarrollo de proyectos. Los MEP son responsables de entidades públicas directamente relacionadas con la administración de las ANP y del programa de “monitoreo comunitario de aves”.

La ONG otorga apoyo financiero a INV, miembros de la comunidad y entidades públicas para llevar a cabo trabajos específicos de conservación que patrocinadores nacionales e internacionales proporcionan (Pronatura, 2024).

Las entrevistas se realizaron en un periodo comprendido entre enero y junio de 2022. Cada entrevista se hizo de manera individual, y se grabó en audio, con consentimiento informado de los participantes; se llevó a cabo previa cita, utilizando la plataforma Microsoft Team, versión 24124.1412.2911.3341 o por teléfono, según la preferencia de los participan-

tes. Se transcribieron los audios por la persona que elaboró las entrevistas. Para asegurar su consistencia y claridad, se revisaron por dos de los autores del trabajo.

### **Tercera etapa-Análisis cualitativo/documental**

#### **Análisis de los datos (códigos)**

Las 24 entrevistas realizadas se transcribieron íntegramente y se incorporaron al programa informático Atlas Ti versión 9 (Science Plus Group BV. Groningen, Países Bajos). Los datos de las entrevistas se codificaron abiertamente en el modo de la Teoría Fundamentada (Corbin y Strauss 2008), para agrupar y enlazar los códigos con las citas textuales, por un miembro del equipo de autores en la versión [A2] de Atlas Ti. Para su validación, se envió la codificación a un MC, 3 INV y un MEP entrevistados. Un INV hizo una precisión sobre el apartado de los proyectos de investigación. Además, se realizó un análisis cualitativo exhaustivo comparativo de los códigos por tipo de entrevistados, para identificar diferencias y similitudes en las respuestas de los MC, los INV, los MEP y el miembro de la ONG.

#### **Validación de la participación de los MC en los proyectos de investigación**

Para validar la información del proyecto se solicitó a los INV copia del proyecto o que indicaran dónde se ubicaban. Posteriormente, se realizó una búsqueda de los proyectos desarrollados en las tres áreas de estudio, como único criterio de inclusión fue acotarse a los 31 proyectos que habían mencionado los entrevistados. Se llevó a cabo una revisión completa de la propuesta, se puso especial atención a la integración del equipo de trabajo de cada proyecto para identificar la participación de MC como parte del equipo de investigación.

#### **Comparativa de los perfiles de actores no científicos**

A partir de la propuesta realizada por Schmiedel y col. (2016), como una alternativa para mejorar la recopilación y gestión de la información sobre la biodiversidad a diferentes

niveles, y que a la vez es un puente para la profesionalización de los miembros no académicos del equipo de investigación, se hizo una comparación entre actores que desarrollan actividades relacionadas con la investigación de la biodiversidad. Y en el caso de los paraecólogos y/o parataxonomistas y MC que habitaran en zonas rurales dentro o próximas a ANP (Janzen, 2004; Janzen y Hallwachs, 2011). Los datos de los MC (perfil conocido en México) fueron tomados de las entrevistas de este trabajo, mientras que los datos de los programas de paraecologista y/o parataxónomo (que se ha implementado en Costa Rica, India, Nueva Guinea y África meridional) y los de los programas de ciencia ciudadana (donde participan voluntarios con amplio conocimiento en la ciencia) se tomaron de Schmiedel y col. (2016).

## RESULTADOS

### Características de los entrevistados

Los 5 MC entrevistados vivían en comunidades que se ubican dentro de las áreas naturales protegidas analizadas; MC2, MC3 y MC4 habían trabajado en proyectos de investigación de la Biosfera de Los Tuxtlas, mientras que MC1 en la Biosfera El Cielo y MC5 en la Laguna Madre y Delta del Río Bravo (Tabla 1). MC3 y MC5 son mujeres, la segunda era la de mayor edad de los 5 MC, y la primera era la más joven y la única que contaba con licenciatura, los demás reportaron un menor nivel educativo. MC1 tenía de 16 a 25 años de experiencia en el monitoreo, mientras que el resto de 6 a 15 años de experiencia (Tabla 2).

Los 15 INV incluidos en el trabajo, con los que han participado los 5 MC pertenecían a cinco instituciones nacionales, el 67.74 % a la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), el 16.12 % a CONABIO, el 6.46 % a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el 6.45 % a 2 ONG y el 3.23 % a la Universidad Tecnológica del Mar (UTMAR). Independientemente de la fuente de financiamiento, la UAT concentraba la mayoría de los proyectos realizados.

El 93.3 % de los INV contaba con nivel educativo de doctorado; el 40 % son mujeres (INV6, INV10, INV11, INV12, INV14 e INV15); las INV10, INV11, INV12, eran las más jóvenes (igual que el INV1 e INV7) y las de menor experiencia (< 5 años). El 46.7 % de los INV tenían entre 41 a 50 años de edad; un 20 % eran mayores (INV4, INV13 e INV3). El 33.3 % registraba una experiencia de 16 a 35 años (Tabla 2).

Las 3 MEP que participaron en este trabajo se ubicaron en rangos distintos de edad. En cuanto a la experiencia 2 MEP tenían de 6 a 15 años, solo MEP3 contaba con mayor experiencia; MEP1 y MEP3 tenían maestría y MEP2 licenciatura.

### Códigos

De las 24 entrevistas realizadas conforme a las dimensiones del estudio (Formación y desarrollo, contribuciones, beneficios y desafíos) se derivaron 30 códigos (Tabla 3), los cuales se analizaron a lo largo del trabajo.

### Procesos de formación y desarrollo de los monitores comunitarios

#### Aprendizaje formal- Capacitación como MC

Los procesos de formación de los 5 MC iniciaron con un entrenamiento brindado por la CONABIO, que consistió en una capacitación básica y equipamiento, al unirse al programa de monitoreo de aves (Manual de monitoreo de aves, 2012) de acuerdo al total de la muestra estudiada (24). También, el proceso de capacitación lo empezaron en distintos tiempos (según la información de los 5 MC y 3 MEP); en 2003 comenzó en la reserva de la Biosfera El Cielo, mientras que en la reserva de la Biosfera Los Tuxtlas fue en 2009, y en la Laguna Madre y Delta del Río Bravo en 2013. Al respecto, el MEP2 comentó que la formación de MC surge por distintas razones: “nosotros empezamos en el 2009, iniciamos la capacitación para que hicieran monitoreo de aves, porque la reserva es muy grande y no tenemos personal suficiente para realizar todas estas actividades, a veces también a equiparlos para que ellos

■ **Tabla 2. Características sociodemográficas de los entrevistados.**  
 Table 2. Sociodemographic characteristics of interviewees.

Participantes	Monitor comunitario (n = 5)	Investigador (n = 15)	Miembro de entidad pública (n = 3)	ONG (n = 1)	Total (n = 24)
<b>Distribución por género</b>					
Mujer	2 (MC3, MC5)	6 (INV6, INV10, INV11, INV12, INV14, INV15)	3 (MEP1, MEP2, MEP3)		11
Hombre	3 (MC1, MC2, MC4)	9 (INV1, INV2, INV3, INV4, INV5, INV7, INV8, INV9, INV13)		1	13
<b>Edad</b>					
30 a 40	1 (MC3)	5 (INV1, INV7, INV10, INV11, INV12)	1 (MEP1)	1	8
41 a 50	3 (MC1, MC2, MC4)	7 (INV2, INV5, INV6, INV8, INV9, INV14, INV15)	1 (MEP3)		11
51 a 60	1 (MC5)	2 (INV4, INV13)	1 (MEP2)		4
> 61		1 (INV3)			1
<b>Años de experiencia</b>					
< 5		3 (INV10, INV11, INV12)		1	4
6 a 15	4 (MC2, MC3, MC4, MC5)	7 (INV5, INV6, INV7, INV8, INV9, INV14, INV15)	2 (MEP1, MEP2)		13
16 a 25	1 (MC1)	2 (INV1, INV2)	1 (MEP3)		4
26 a 35		3 (INV3, INV4, INV13)			3
<b>Nivel educativo</b>					
Secundaria	3 (MC2, MC4, MC5)				3
Preparatoria	1 (MC1)				1
Licenciatura	1 (MC3)		1 (MEP2)		2
Maestría		1 (INV15)	2 (MEP1, MEP3)		3
Doctorado		12 (INV2, INV3, INV4, INV5, INV6, INV7, INV8, INV9, INV11, INV12, INV13, INV14)		1	13
Posdoctorado		2 (INV1, INV10)			2

■ **Tabla 3. Códigos derivados de las entrevistas.**

Table 3. Interview derived codes.

Dimensiones	Códigos
<b>Formación y desarrollo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en proyectos de investigación</li> <li>• Intercambio de ideas y de diálogo entre pares</li> <li>• Formación como monitores comunitarios</li> <li>• Formación como guías turísticos</li> </ul>
<b>Contribuciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de muestras y/o registro de datos</li> <li>• Conocimiento del ecosistema y sus interacciones</li> <li>• Educación ambiental</li> <li>• Recopilación de información y recursos</li> <li>• Seguimiento de distintos tipos de especies</li> <li>• Conservación de la biodiversidad</li> <li>• Interpretación de datos y extracción de conclusiones</li> <li>• Conocimiento técnico especializado de la flora y la fauna</li> <li>• Conocimiento empírico</li> <li>• Cogeneración de conocimientos</li> <li>• Formador de otros monitores</li> <li>• Asistencia a tesis</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolución del enfoque: del monitoreo de aves a la conservación</li> <li>• Contribución a nivel local</li> <li>• Retribución económica</li> <li>• Empresa social de ecoturismo</li> <li>• Reconocimiento social</li> <li>• Apoyo de investigadores y otras partes interesadas</li> <li>• Capacidad para gestionar y administrar recursos económicos y tecnológicos</li> </ul>
<b>Desafíos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inseguridad</li> <li>• Falta de certificación de conocimientos</li> <li>• Falta de apoyo de las entidades</li> <li>• Falta de reconocimiento de investigadores e instituciones</li> <li>• Retribución económica insuficiente</li> <li>• Conflictos comunitarios</li> <li>• Cambios y enfoques en las instituciones</li> </ul>

podrían iniciar el proceso de monitoreo de aves”. Mientras que MC1 señaló que “en el 2003 salió un proyecto de capacitar guías de aves de la región, guías comunitarios y me capacité...me gustó mucho lo que son las aves, me di cuenta la importancia que tienen para nuestro beneficio como ser humano y a nuestro planeta... desde 2003 hasta hoy soy guía de aves”. Y el INV2 dijo “empezamos haciendo muestreos, inventarios de todas las aves que estaban dentro de la comunidad y ahí fue cuando empezamos a trabajar con MC1, hubo varios cursos de capacitación, entre ellos hubo uno muy especial donde vino Héctor Gómez de Silva, él es de México, es un guía de aves internacional”.

El entrenamiento ha ayudado para que los MC desarrollen su trabajo con profesionalidad, como lo mencionaron la mayoría de ellos “durante el entrenamiento, aprendemos a utilizar herramientas como el GPS y binoculares. CONABIO nos proporciona capacitaciones adicionales, generalmente una vez al año, para mejorar las habilidades por ejemplo para registrar los datos en una Tablet” (MC2, MC3, MC4 y MC5).

#### **Aprendizaje formal – Guías de turistas**

La mayoría de los MC entrevistados (4) señalaron que también recibieron capacitación como guía de turistas (solo el MC3 no). Al respecto, MC5 comentó “recibí una certifi-

cación como guía de turistas otorgada por el Gobierno del Estado de Tamaulipas. Este curso, que duró medio año y se impartió a distancia, abarcó temas de cultura general, arquitectura, gastronomía y medio ambiente. Al completar el curso y aprobar los exámenes, obtuve mi certificación por 2 años”.

#### **Aprendizaje informal - Intercambio de ideas**

Los MC destacaron la importancia del intercambio de ideas y el diálogo colaborativo entre pares como una forma valiosa de aprendizaje y enriquecimiento de conocimiento. En relación a ello, el MC4 exclamó “...vamos a visitar a los compañeros de otras comunidades donde hay otro tipo de aves y hacemos recorridos, con ellos aprendemos la forma de las aves que ellos tienen. Igual a mí me toca recibirlos, hacemos recorridos en la playa y observan aves de playa, y nos vamos nutriendo de todo lo que aprendemos, de lo que tenemos en cada comunidad”. Pero, las interacciones no solo son entre monitores: “también ocurren en encuentros con INV, MEP y otros MC” (MC2, MC3 y MC4). Se ha generado una relación de colaboración que rebasa el ámbito laboral, e incide en la visión y alcance de los INV y sus proyectos, como lo expusieron algunos entrevistados: “en las reuniones se tratan otros temas relacionados con su familia, comunidad y se ha establecido una red importante para la colaboración, por ejemplo, cuando alguno recibe un grupo grande de turistas y ocupa apoyo de otros monitores, o para el intercambio y venta de sus productos” (MEP2); “el intercambio de puntos de vista y experiencias entre los monitores comunitarios y los investigadores no solo beneficia a los investigadores en términos de obtener información y conocimiento, sino que también influye en la dirección de las investigaciones y enriquece su enfoque” (MEP1); “hay un intercambio también de visiones de experiencias, que a uno como investigador lo mueven y muchas veces no se le da crédito a ese tipo de colaboradores y también durante estos muestreos, pues MC1 y MC2 me ayudaron a dar talleres a nivel local para capacitar a otras per-

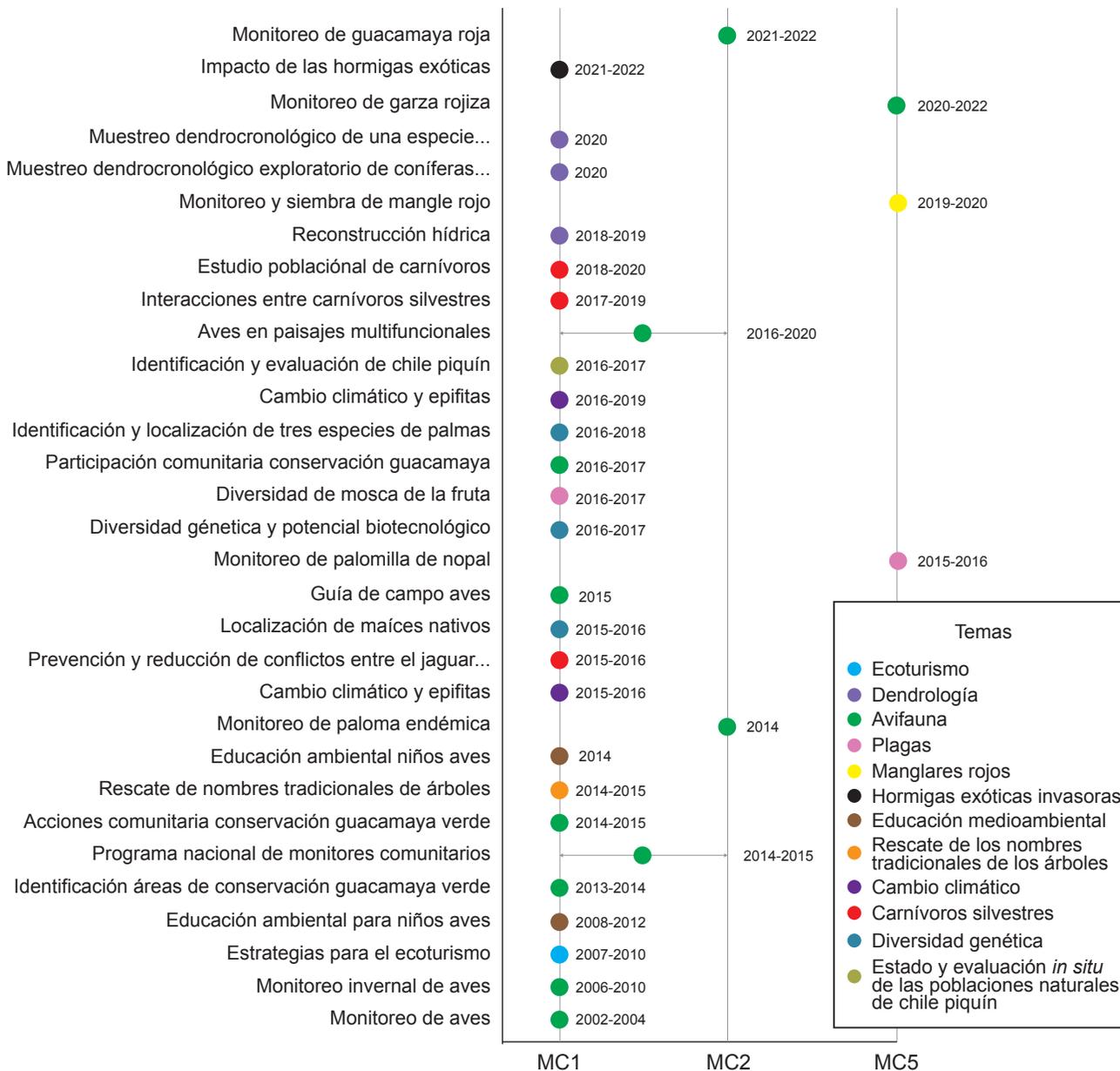
sonas de la comunidad, entonces, en ese aspecto pues también eran capacitadores y pues básicamente por eso van en los artículos que usted encontró” (INV1).

Los INV1, INV2 e INV4, así como los MEP coincidieron en señalar que la colaboración y aprendizaje colectivo contribuye a fortalecer su labor en la promoción y cuidado de la biodiversidad, ya que consideran que ello les permite brindar un mejor servicio a los visitantes, lo que beneficia tanto a la conservación como al turismo sostenible. Al respecto, el INV1 agregó “MC1 es guía, entonces, tiene una contribución muy fuerte al bienestar emocional y el bienestar lúdico de los turistas entonces ¿cómo mide o valora uno eso?”

#### **Aprendizaje informal - Participación en proyectos de investigación y conservación**

Tres MC (MC1, MC2 y MC5) participaron en proyectos de investigación. En el período de 2002 a 2022, habían estado involucrados en al menos 31 proyectos de investigación (que fueron los que surgieron en las entrevistas) (Figura 2), dirigidos por 15 investigadores (que participaron en este estudio). Los temas que han trabajado son diversos: avifauna (11), ecoturismo (1), educación ambiental (2), rescate de los nombres tradicionales de los árboles (1), diversidad genética (3), cambio climático (2), carnívoros silvestres (3), plagas (2), estado y evaluación *in situ* de las poblaciones naturales de Chile piquín (1), manglares rojos (1), dendrología (3) y hormigas exóticas invasoras (1), pero el 35.48 % de los trabajos se relacionan con el monitoreo y conservación de aves.

El entrenamiento y el conocimiento empírico del área les da a los MC, una vasta experiencia de la ubicación de las especies. MC1, había participado en la mayoría de los 31 proyectos analizados en este trabajo (26 desde 2002), y en casi todos los temas, a excepción de manglares rojos. Al respecto, destacó que: “he trabajado con 12 investigadores... empecé anillando aves migratorias con re-



■ **Figura 2. Contribuciones de los monitores comunitarios.**

Figure 2. Contributions of community monitors.

des de niebla por cuatro años con el INV2”; “estuvimos trabajando 5 años con el monitoreo de la guacamaya verde que es muy importante, que está en peligro de extinción”. Uno de los INV con los que había colaborado MC1, amplió la información al comentar: “hemos trabajado 3 proyectos de aves del cielo, de sobrevivencia invernal y el de guacamaya” (INV2).

Por su parte, MC2 había colaborado en 4 proyectos de avifauna, en 2 de ellos coinci-

dió con MC1, mientras que MC5 trabajó en 3 proyectos de diferentes temas como: avifauna, plagas y manglares rojos (de acuerdo a la información recabada en las entrevistas).

La participación en distintos proyectos de investigación se da por recomendación que hacen los INV, así lo manifestó el MC1 “empecé trabajando con el INV2, y junto con el INV4 me han recomendado con otros INV, y esos INV también me recomiendan, porque tienen relación con las otras universidades,

y les dicen, el día que vayas al cielo busca a 'MC1', y esa es como mejor propina o mi mejor recompensa, el yo tener trabajo, y claro porque siempre trato y debo hacer las cosas de un guía local, guía ambiental y un guía de campo como le llamen"; "he aprendido de todos los investigadores con los que he trabajado, de maestros, ornitólogos, ingenieros, biólogos, tanto de la UAT, la Universidad de México, la UNAM, tanto el Instituto Tecnológico de Monterrey, me apasiona andar en campo y aprender de lo que hacen ellos", "estuve trabajando con diferentes investigadores que vienen de la Universidad Autónoma de Tamaulipas a hacer su tesis, como, por ejemplo, estuvimos trabajando con la Palma *camedor*, con la Palma el chamal, con la *Magnolia Tamulipana*, estudios de impacto ambiental, de los árboles, hormigas, el jaguar, felinos, cronología de los árboles". Al respecto, el MC2 comentó que: "en investigación empecé colaborando con el INV1 y ahora estoy colaborando en una investigación en la Sierra Oaxaca y también en otros estudios, aquí en la región, en varios estudios de la paloma endémica". Y MC5 también había colaborado con distintas universidades y entidades públicas, como lo expuso: "estuve en un proyecto de la palomilla del nopal, poniendo trapeo, con el INV4, y con el INV13 trabajamos para hacer viveros de ostión, hemos trabajado con la UAT, la UTMAR, la Universidad de Baja California, PROFEPA, con la CONANP y con PRONATURA Noreste (ONG) estamos trabajando con el monitoreo de la Garza rojiza".

En algunas ocasiones, la relación de trabajo se mantiene a través del tiempo (entre los MC, MC e INV, MC y MEP), y la colaboración se da en estudios que se realizan en otras ANP, como en el siguiente caso, donde el INV1 manifestó que: "MC1 es un amigo muy querido, es un colega. Yo lo conocí cuando trabajé en CONABIO coordinando un programa de monitoreo de aves, y entonces me invitaron a dar un taller ahí en la Reserva de la Biosfera de El Cielo, para niños, porque ya ve que tienen la tropa pajarera, y pues tam-

bién me impresionó su habilidad, su carisma y su forma de ver las cosas". Y agregó que: "durante mi doctorado donde trabajé con comunidades haciendo un monitoreo de aves y evaluando su manejo forestal en Oaxaca,... yo invité a MC1 a que me ayudara en el campo y a otro compañero, MC2 de los Tuxtla, que también es de la comunidad, así empezó mi trabajo en investigación con ellos".

### **Contribuciones de los MC en los proyectos de investigación y conservación de la biodiversidad**

La participación pública en la ciencia de los tres MC (MC1, MC2 y MC5) de la muestra estudiada, se ha dado solo en proyectos de investigación y conservación contributivos (Tabla 4), a partir del modelo propuesto por Boinne y col. (2009).

El 56.9 % de las aportaciones se asociaba a la recolección de muestras y/o registro de datos. Algunos INV y MEP expusieron que: "la credibilidad de los informes de MC1 y MC2 se basa en la experiencia acumulada, lo cual es fundamental, puedo confiar plenamente en lo que reportan haber observado; después de todo son expertos" (INV1; MEP1 y MEP2).

El 23.5 % se relacionaba a la recopilación de información y recursos. Al respecto, el INV2 señaló sobre el MC1 "considero que su rol inicial como recolector de datos en el campo es crucial. No se trata solo de compilar información, sino de la confianza que uno deposita en la precisión de esos registros, especialmente en la identificación correcta de especies".

Y el 19.6 % de las contribuciones se asociaba a interpretar datos y extracción de conclusiones. Algunos INV y MEP manifestaron lo siguiente: "para comenzar, sin la ayuda de los monitores comunitarios, los investigadores enfrentaríamos grandes dificultades para realizar y publicar nuestros trabajos. Aunque en la universidad se enseña metodología, las condiciones reales en el campo difieren significativamente. La colaboración de los MC

■ **Tabla 4. Contribuciones de los monitores comunitarios.**

Table 4. Contributions of community monitors.

Categoría	Aportaciones	Monitores comunitarios	Investigadores	Miembros de entidades públicas	Miembro de organizaciones no gubernamentales
Contribuciones Bonney y col. (2009)	Recolección de muestras y/o registro de datos	19	7	2	1
	Recopilación de información y recursos	7	3	2	
	Interpretación de datos y extracción de conclusiones	5	3	2	
Otras contribuciones	Conocimiento del ecosistema y sus interacciones	3	9	3	1
	Educación ambiental	3	7	2	1
	Seguimiento de distintos tipos de especies	2	8	2	
	Conservación de la biodiversidad	1	5	3	1
	Conocimiento técnico especializado de la flora y la fauna	2	5	3	
	Conocimiento empírico	1	6	2	
	Cogeneración de conocimientos	1	5	2	
	Formador de otros monitores	4	1	3	
	Asistencia a tesistas	2		2	

es fundamental, no solo interpretan datos y sacan conclusiones, sino que también pueden prevenirlos sobre aspectos inesperados, como lluvias frecuentes que podrían comprometer el proyecto” (INV1, INV2, e INV5; MEP1, MEP2 y MEP5).

Además, generaban otras contribuciones no consideradas en el modelo de referencia, como conocimiento del ecosistema y sus interacciones, educación ambiental, seguimiento de distintos tipos de especies, conocimiento técnico especializado de la flora y fauna, conservación de la biodiversidad, la asistencia a tesis, entre otras.

Los MC desarrollan más de una actividad en un proyecto (de acuerdo a la información proporcionada por las 3 MEP y dos investigadores (INV1 e INV2)).

En cuanto al conocimiento técnico especializado de la flora y fauna y seguimiento de distintos tipos de especies, varios INV y MEP expusieron “el conocimiento específico de los monitores comunitarios sobre el territorio es excepcional, no solo están familiarizados con los nombres tradicionales de las especies, sino que también comprenden sus usos, mitos y creencias asociadas” (INV10 e INV14; MEP1, MEP2 y MEP3); “son capaces de interpretar el territorio en términos de prácticas tradicionales, dinámicas económicas y sociales, y desafíos a los que se enfrentan las comunidades, este conocimiento se convierte en una valiosa herramienta para los investigadores, ya que brindan información detallada sobre el contexto donde se desarrollan los proyectos (INV1, INV2, INV3, INV4, INV6, INV9, INV11 e INV10; MEP1, MEP2 y MEP3).

En relación al conocimiento empírico que poseen, los INV dejaron ver en las entrevistas que es muy valiosa su contribución para el desarrollo de sus proyectos. Al respecto, varios investigadores y MEP explicaron “el conocimiento empírico y profundo que poseen los monitores comunitarios de aves se convierte en un recurso invaluable

para la toma de decisiones en proyectos de investigación y conservación. Su experiencia local y su familiaridad con las especies, sus comportamientos y sus hábitats brindan información valiosa que complementa y enriquece los datos científicos (información proporcionada por los INV1, INV2, INV4, INV6, INV12, INV16 e INV17; MEP1, MEP2 y MEP3).

La participación de los MC se extiende a la educación ambiental de las generaciones futuras para turistas y niños en diversas localidades y escuelas de su región y del país. Un ejemplo de ello, es la “Tropa pajarera de El Cielo”, que fue creada en 2008 por iniciativa del MC1, con un grupo de niños de la comunidad para la observación de aves, con el apoyo de INV1, MEP1 y de la CONABIO. Pero también, se ha extendido para colaborar con jóvenes estudiantes (datos obtenidos de INV1, INV2, INV4 y MEP1). Referente a ello, algunos MC agregaron que “en algunas ocasiones los investigadores nos piden que trabajemos con tesis de licenciatura, maestría y doctorado que realizan su trabajo en la reserva, los apoyamos en la recolección y conservación de muestras, en la identificación de alguna especie y lo cuidamos mientras están realizando su trabajo de campo” (MC1 y MC2); “también hemos trabajado con investigadores cuando han realizado sus tesis de doctorado” (MC1 y MC2), información que también aportaron los 3 MEP; “al trabajar con estudiantes y jóvenes, los monitores ayudan a generar una conciencia ambiental temprana, lo que puede tener un impacto duradero en la conservación de la biodiversidad a largo plazo (INV1, INV2, INV4, INV5 e INV6; MEP1, MEP2 y MEP3). Además, ellos transmiten su conocimiento a otros monitores, lo que hace que perdure el conocimiento y que exista un registro de lo encontrado (de acuerdo a datos proporcionados por MC1, MC2, MC3 y MC4).

La contribución de los MC en los proyectos de investigación fue de tal relevancia que el MC1 es primer autor en una publicación y

a MC1 y MC2 los consideraron como autores de publicaciones derivadas. En ese sentido, el INV1 e INV2 expusieron que “es ético darles ese reconocimiento por el trabajo que realizan en la investigación”. Las publicaciones fueron más constantes de 2018 a 2021, donde se observa una red de colaboración entre el INV1 y MC1 y MC2 (Figura 3).

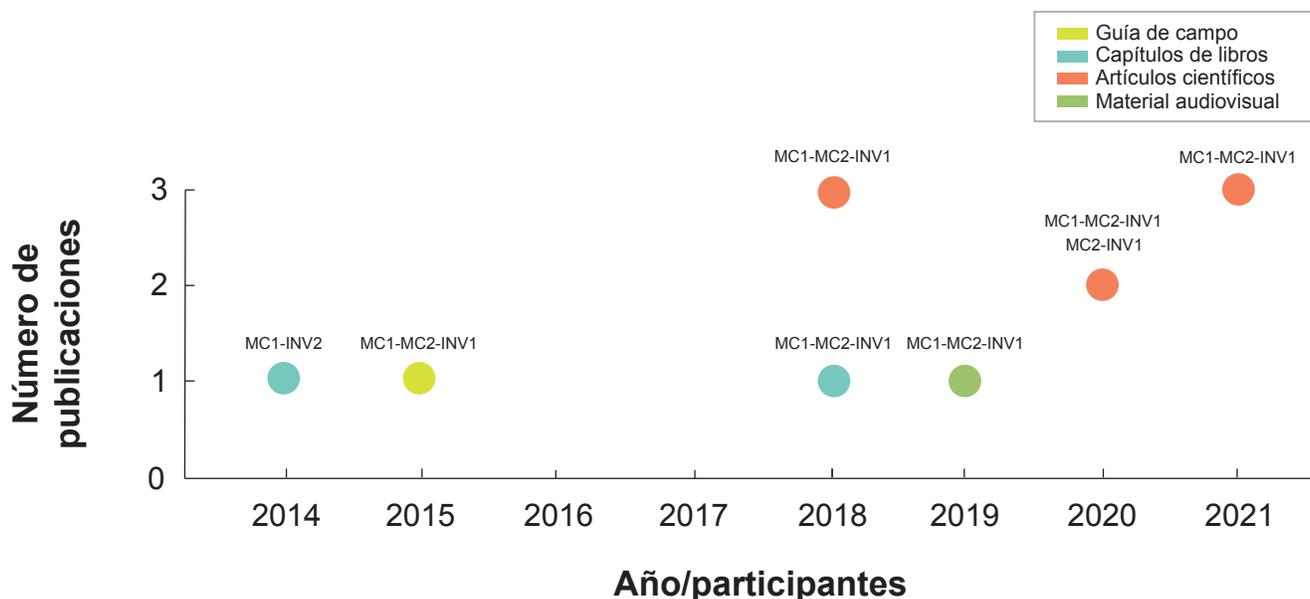
### Comparación de las percepciones de los 3 grupos de actores involucrados en el estudio

Los 30 códigos (Tabla 3) derivados de las entrevistas se asociaron a 280 citas textuales obtenidas de las 24 entrevistas, las cuales se segmentaron por tipo de entrevistado, encontrándose diferencias y similitudes en las respuestas de los mismos (Figura 4).

Entre las contribuciones, la más citada, fue la recolección de muestras y/o registro de datos (29) tuvo una mayor presencia en los MC, toda vez que mencionaron que contri-

buían en varias ocasiones en algunas etapas de los proyectos de investigación. El conocimiento del ecosistema y sus interacciones (16), fue la segunda más frecuente, donde los INV percibieron mayormente la contribución de los MC. La participación en proyectos de investigación (15), como formación y desarrollo de los MC, también fue un código consistente en las respuestas de las entrevistas, donde también los INV fueron quienes percibieron más dicha actividad.

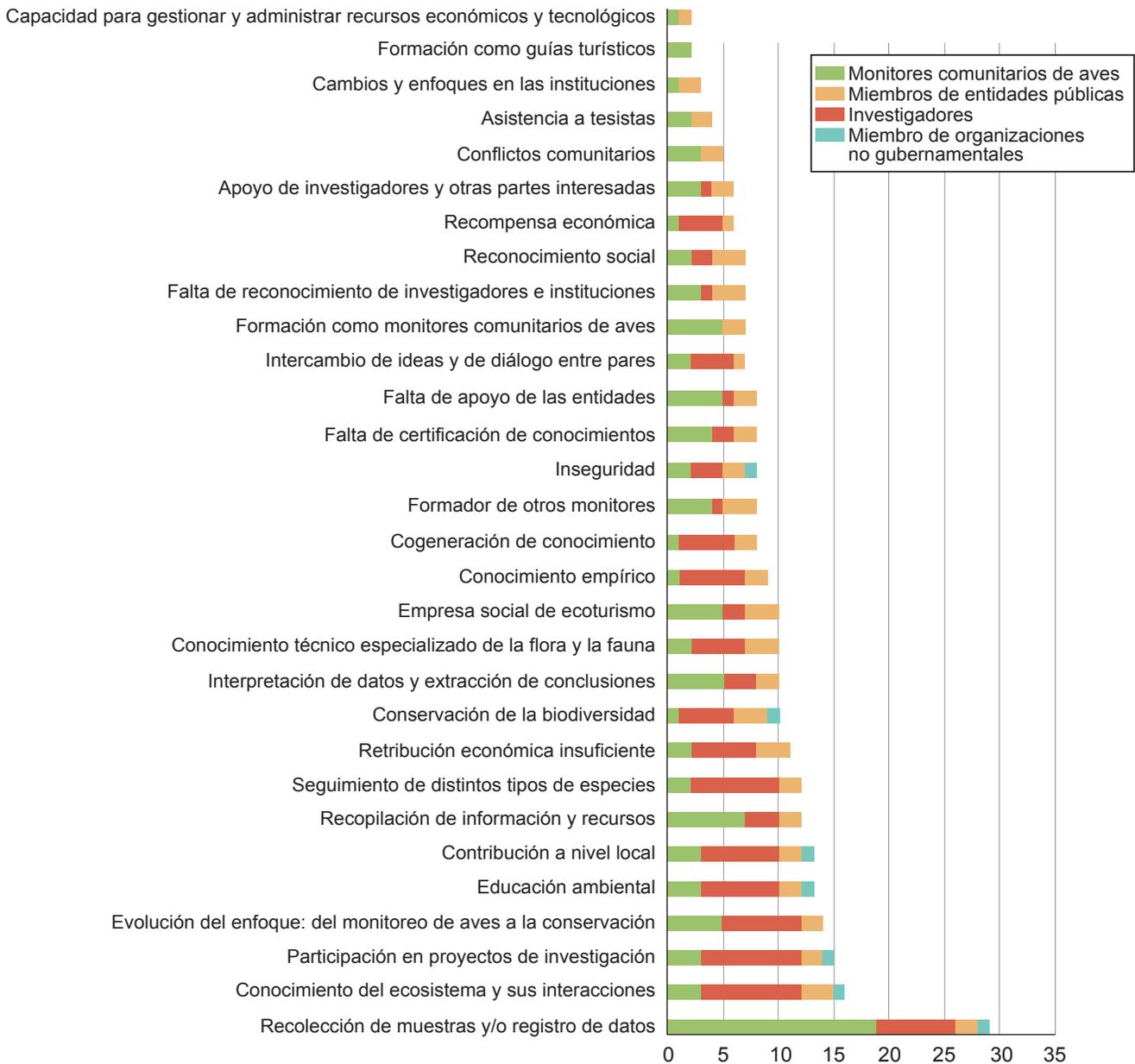
Otros códigos destacados, apareciendo casi a la par en los registros de los MC e INV, fueron, como beneficios, la evolución del enfoque: del monitoreo de aves a la conservación (14) y la contribución a nivel local (13); como contribuciones, la educación ambiental (13), la recopilación de información y recursos (12) y el seguimiento de distintos tipos de especies (12). Las citas asociadas a beneficios fueron mejor percibidas por los INV y después por los MC, mientras que las citas asociadas



Fuente: modificado a partir de González-Romo y col. (2014); Berrones-Benítez y col. (2015); Ortega-Álvarez y col. (2018a; 2018b; 2018c; 2018d); Ortega-Álvarez y col. (2019); Baxin-Beltrán y col. (2020); Ortega-Álvarez y col. (2020); Ortega-Álvarez y col. (2021a; 2021b; 2021c).

■ **Figura 3. Publicaciones derivadas de proyectos generados por investigadores y monitores comunitarios.**

Figure 3. Publications derived from projects generated by researchers and community monitors.



■ Figura 4. Códigos de las entrevistas y su asociación con los 3 grupos de actores involucrados en el estudio.

Figure 4. Interview codes and their association with the 3 stakeholder groups involved in the study.

a contribuciones fueron reconocidas sobre todo por los INV; sin embargo, la segunda (con 12 menciones) fue la única que se citó más por los MC.

La retribución económica insuficiente (11) percibida como un desafío, fue más constante en los INV y en los MEP, al igual que la recompensa económica (6) percibida como un beneficio, fue más frecuente en los INV.

La interpretación de datos y extracción de conclusiones y el conocimiento técnico especializado de la flora y fauna (10 cada uno), fueron percibidos principalmente por los MC como contribuciones. La empresa social de ecoturismo (10) mencionada más frecuentemente por los MC, y luego por los MEP fue considerada como beneficio, ya que los MC pueden obtener recursos por esta actividad también.

Curiosamente, la falta de reconocimiento de investigadores e instituciones (7), como un desafío, fue más constante en los MEP y MC, que en los INV. Mientras que el apoyo de investigadores y otras partes interesadas (6), reflejado como un beneficio, fue más mencionado más por los MC.

La inseguridad (9), que se registró entre todos los grupos de participantes fue otro desafío, la cual perciben que ha afectado la actividad de los MC; así como los conflictos comunitarios (5) que fueron percibidos por los MC y los MEP únicamente.

Los 3 códigos con menor frecuencia fueron como beneficio, capacidad para gestionar y administrar recursos económicos y tecnológicos (2), asociados principalmente para la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, una ANP federal; y como formación y desarrollo, formación como guías turísticos (2); y como desafío, cambios y enfoques en las instituciones (3), destacando ligeramente los MEP, en el último código, lo que podría asociarse a que reconocen que su participación es valiosa para los programas de gobierno, dirigidos a la conservación del medio ambiente.

### **Beneficios y desafíos percibidos por los entrevistados sobre la participación de los MC en proyectos de investigación y conservación de la biodiversidad**

Entre los beneficios que pudieran tener los MC, los 3 MEP destacaron la evolución del enfoque: del monitoreo de aves a la conservación, donde son promotores claves de la conservación y tienen conocimiento sobre diversas especies y ecosistemas, lo cual también fue valorado por INV y el representante de la ONG (INV1, 1INV2, INV7, INV9; ONG1); y tienen conocimiento del territorio y sus dinámicas (de acuerdo a la información de los 3 MEP; INV1 e INV2) (Tabla 5).

Otros beneficios percibidos fueron la retribución económica por los trabajos para proyectos de investigación (INV1, INV2, INV4; ONG1; 3 MEP) y como guía de turistas, que

ofrecen a través de los servicios a turistas y observadores de aves (MC1, MC2, MC3 y MC5; 3 MEP), con lo que generan además ingresos a las comunidades (INV1, INV2; 3 MEP) donde tienen un reconocimiento social, hasta algunos de ellos ocupan cargos en sus comunidades (MEP2 y MEP3).

Sin embargo, enfrentan desafíos significativos, como la ausencia de programas para certificación por parte de entidades como CONABIO y CONANP, universidades, gobierno (INV1; MC1; MEP1), lo que limita sus oportunidades de empleo (MC1; INV1, INV2; MEP1). La falta de reconocimiento de su labor puede dificultar la viabilidad económica de su trabajo (3 MEP).

Respecto a la falta de apoyo de las entidades públicas (institucional y financiero, ante la falta de valoración de contribuciones y conocimientos), de acuerdo a las respuestas de MC1; MPE1 y MEP2; INV2 e INV4) también representa un obstáculo importante, ya que limita su capacidad para implementar proyectos de conservación y mantener su sostenibilidad a largo plazo.

También, la falta de reconocimiento de INV e instituciones es un gran desafío. El INV2 y los 3 MEP, coincidieron en que no es valorada la contribución por parte de los INV. Existe una exclusión de las publicaciones académicas (INV1; MEP1, MEP2 y MEP3), lo que reduce sus oportunidades de desarrollo profesional y su capacidad para competir en igualdad de condiciones con individuos titulados. Esta falta de certificación formal también se traduce en una retribución económica insuficiente, por la falta de sostenibilidad económica de monitoreo (INV2; MC4; MEP1) y pago como jornalero (MEP1 y MEP2) ya que “los MC no cuentan con un trabajo formal ni prestaciones sociales por las actividades que realizan, son trabajadores eventuales”. Por lo que para obtener ingresos adicionales, desempeñan otras actividades, como jornaleros agrícolas o trabajadores de la construcción (MC1 y MC4), y de guías de turistas (MC1, MC2, MC3 y

■ Tabla 5. Beneficios y desafíos de los MC, de acuerdo a la percepción de los 3 grupos entrevistados.  
Table 5. Benefits and challenges of perceived by the 3 groups interviewed.

Beneficios percibidos	
Códigos	Citas textuales
<b>Evolución del enfoque del monitoreo de aves a la conservación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotores claves de la conservación</li> <li>• Participación en foro sobre biodiversidad</li> <li>• Instrucciones de educación ambiental</li> <li>• Conocimiento sobre diversas especies y ecosistemas</li> <li>• Conocimiento del territorio y sus dinámicas</li> </ul>
<b>Empresa social de ecoturismo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios a turistas y observadores de aves</li> </ul>
<b>Reconocimiento social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocidos en sus comunidades</li> <li>• Consultados sobre asuntos medioambientales</li> <li>• Ocupan cargos en sus comunidades</li> </ul>
<b>Retribución económica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guías de turistas u observadores de aves</li> <li>• Trabajos para proyectos de investigación</li> </ul>
<b>Capacidad para gestionar y administrar recursos económicos y tecnológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de CONABIO y CONANP para elaborar proyectos y administrar presupuestos</li> </ul>
<b>Contribución a nivel local</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresos económicos a las comunidades por turistas y observadores de aves</li> </ul>
<b>Apoyo a investigadores y otras partes interesadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para enseñar en el campo el uso de instrumentos y técnicas</li> <li>• Mayor cobertura de la conservación</li> <li>• Reducción de gastos</li> </ul>
Desafíos percibidos	
Códigos	Citas textuales
<b>Inseguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generada por la delincuencia organizada</li> <li>• Reducción de turistas y observadores de aves</li> </ul>
<b>Falta de certificación de conocimientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de programas para certificación</li> <li>• Oportunidades limitadas de empleo en la conservación e investigación</li> </ul>
<b>Falta de apoyo de las entidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuciones y conocimientos no valorados</li> <li>• Desinterés de entidades gubernamentales y académicas de programas de capacitación</li> </ul>
<b>Falta de reconocimiento de investigadores e instituciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribución no valorada</li> <li>• Exclusión de las publicaciones académicas</li> </ul>
<b>Retribución económica insuficiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de sostenibilidad económica del monitoreo</li> <li>• Pago como trabajador de campo</li> </ul>
<b>Conflictos comunitarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstaculizar el crecimiento</li> <li>• Recelo por las actividades</li> </ul>
<b>Cambios y enfoques en las instituciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cambio de administración tiene diferentes prioridades</li> <li>• Los directivos tienen agendas individuales</li> </ul>

MC5). Derivado de lo anterior, miembros de entidades públicas (MEP) señalaron que algunos MC abandonan la actividad para buscar estabilidad económica en ciudades cercanas o se contratan como trabajadores agrícolas eventuales en Estados Unidos de América.

Otra causa de abandono de la actividad ha sido por la inseguridad de la zona, generada por la delincuencia organizada, como lo expresó el MC5: “había una señora que era muy buena para el monitoreo, pero se fue de la zona por la inseguridad, ahora vive en Estados Unidos”. Y otros que se han quedado, han trabajado a pesar de las consecuencias que trae consigo la inseguridad, como lo expusieron en los siguientes comentarios: “En el desempeño de nuestras actividades de monitoreo comunitario de aves, de guías de turistas o de colaboración en proyectos de investigación deben enfrentar problemas de inseguridad que aquejan la zona por el crimen organizado” (MC1). La reducción de turistas y observadores de aves es consecuencia de la inseguridad: “los turistas dejan de visitar la zona por el temor de sufrir algún daño en su persona o bienes materiales y eso repercute en nuestra economía” (MC1, MC2, MC3 y MC5). Por otro lado, están los conflictos comunitarios, que obstaculizan el crecimiento (MEP1; MC1) y recelo por las actividades (MEP1; INV2).

### **Comparativa de los perfiles de actores no científicos**

A partir de la propuesta realizada por Schmiedel y col. (2016) se obtuvieron como similitudes “apoyar la recopilación de datos”, pero los MC lo hacen para proyectos o investigaciones específicas, mientras que los paraecólogos y los programas parataxonomistas, así como los ciudadanos (del programa Ciencia Ciudadana), lo desarrollan durante más tiempo; también que todos se “involucran en la captura de los datos”, aunque los paraecólogos y/o parataxónomos y los ciudadanos además colaboran en el procesamiento de los mismos: “trabajan con métodos científicos a

través de la cooperación con los investigadores”, sin embargo, los ciudadanos lo hacen diferente, “mediante la observación” (Tabla 6).

Otra similitud entre los MC y los paraecólogos y/o parataxónomos es que trabajan en cualquier tema determinado por el INV, mientras que los ciudadanos lo hacen dominados principalmente por temas que encienden el interés público. Pero la diferencia entre los tres, es que los MC aprenden durante el trabajo, los paraecólogos y/o parataxónomos están capacitados y los ciudadanos dominan el tema. Una diferencia importante, es que los MC regularmente no se reconocen como miembros del equipo de investigación, a pesar de tener una interacción personal directa, como al paraecólogo y/o parataxónomo que si se le da reconocimiento, mientras que el ciudadano está indirectamente vinculado al equipo de investigación.

Otras diferencias se pueden observar en la “contratación” y la “participación”, ya que mientras los MC están con base eventual y se les paga por día, los paraecólogos y/o parataxónomos tienen tiempo completo y se contratan mediante selección y fase de prueba; y los integrantes de ciencia ciudadana están por base voluntaria y acceso abierto.

### **DISCUSIÓN**

Los MC juegan un papel crucial en la conservación y el estudio de la vida silvestre en las ANP. Su participación en comunidades locales ubicadas en zonas de interés ecológico es una característica común, como lo que se encontró en este estudio y en otros (Ostrom, 2007; Eitzel y col., 2017 y Phillips y col., 2019). Su colaboración con científicos en el monitoreo desde la comunidad les ha permitido trabajar con ellos en la conservación de la biodiversidad (Danielsen y col., 2021; 2022).

No existe un perfil único para los MC incluidos en el presente trabajo, no hay un patrón en cuanto a la edad con la experiencia ni el género. Sin embargo, la experiencia no varió en ellos, todos los MC contaban con

**■ Tabla 6. Monitores comunitarios en el contexto de otros participantes no científicos.**  
 Table 6. Community monitors in the context of other non-scientific participants.

	<b>Monitores comunitarios</b>	<b>Paraecólogos y programas parataxonomistas*</b>	<b>Ciencia ciudadana*</b>
Objetivo	Apoyar la recopilación de datos para proyectos específicos	Apoyar la recopilación de datos que requiere mucho tiempo y mano de obra	Apoyar la recopilación de datos que requiere mucho tiempo y mano de obra
Grupo objetivo del programa	Individuos de comunidades capacitados como monitores comunitarios de observación de aves	Individuos (paraecólogos y parataxonomistas) y sus comunidades	Público (científicos ciudadanos)
Participación	Base eventual se le contrata como trabajador de campo cuando hay proyecto	Tiempo completo como parte de la vocación (profesional)	Base voluntaria transitoria (persona laica)
Temas de investigación	Cualquier tema determinado por el investigador (aprenden durante el trabajo)	Cualquier tema siempre que los paraecólogos y parataxónomos estén adecuadamente capacitados y equipados	Dominado principalmente por temas que encienden el interés del público
Tareas	Involucrado principalmente en la captura de datos	Involucrado en la captura y el procesamiento de datos	Involucrado principalmente en la captura de datos, pero recientemente también se centró más en el procesamiento
Métodos	Métodos científicos a través de la cooperación con los científicos	Métodos científicos a través de la formación y la estrecha cooperación con los científicos	Centrado principalmente en la grabación basada en la observación (la ubicación geográfica es un aspecto importante), documentación fotográfica
Contratación	No existe, se paga por día	Proceso de selección y fase de prueba	En su mayoría de acceso abierto
Inversión y compromiso	Inversión en paga por tiempo que trabajan, uso de equipo el investigador	Inversión en personas, su equipo de investigación e infraestructura	Inversión en infraestructura de comunicaciones (plataformas, entre otras) y sensibilización
Relación con los científicos	No se reconoce como miembro del equipo de investigación, interacción personal directa, intercambio continuo con científicos	Miembro del equipo de investigación, interacción personal directa, intercambio continuo con científicos	Indirectamente vinculado al equipo de investigación, intercambio a través de plataformas de Internet (entre otras) o en el pasado comúnmente a través de la publicación
Impacto de la formación	Formación informal proporcionada por investigadores en el campo sobre técnicas o métodos específicos orientados por el tipo de investigación	Formación intensiva y continua, desarrollo de capacidades holísticas y promoción social de paraecólogos y parataxonomistas	Formación mínima directa de especialistas (si la hay) o introducción técnica en métodos específicos, más centrado en crear interés y concienciar a los ciudadanos

Fuente: \*Modificada a partir de Schmiedel y col. (2016).

más de 10 años de experiencia, aunque MC1 tenía mayor experiencia.

Los procesos de formación y desarrollo de los MC han sido diversos, en gran medida informales y dependientes de su participación en proyectos de investigación. También el proceso de capacitación lo iniciaron en distintos tiempos. Aunque instituciones como la CONABIO han desempeñado un papel importante al marcar el inicio de la labor de los 5 MC, con una capacitación básica y equipamiento, al unirse al programa de monitoreo de aves (Manual de monitoreo de aves, 2012), no otorgan un reconocimiento formal de su trabajo. Por lo que la variabilidad en los esquemas de formación y desarrollo, así como en las contribuciones al proceso de investigación y conservación, dificulta la comparación entre proyectos, como sugieren Schrögel y Kolley (2018).

El entrenamiento adicional que les ha proporcionado CONABIO, pero sobre todo la participación de los MC en proyectos de investigación, les ha permitido realizar su labor con profesionalismo, al desarrollar conocimientos científicos, habilidades o actividades prácticas, como la identificación de especies, anillar las aves, la recopilación y el procesamiento de los datos, gestión de proyectos y recursos, así como el uso de herramientas tecnológicas o equipos técnicos como el GPS y la tablet, para registrar los datos. Sin embargo, existe diversidad en esas habilidades o capacidades derivadas de los 31 proyectos de investigación que han participado, del trabajo de monitoreo o que como guías de turistas realizan, y que los MC lo consideran como beneficios en su formación y desarrollo.

La contribución de los MC en variados temas, de acuerdo al proyecto en que han colaborado, les ha permitido su amplio conocimiento del territorio de la zona, y hacer redes de colaboración a través de las interacciones con INV y MEP, surgiendo una amistad o relación de algunos de ellos, la cual se ha mantenido a través del tiempo, mejorando

el intercambio de conocimientos, experiencias y aprendizajes. Por otro lado, se han extendido a otras áreas de interés, por ejemplo, la actividad de guía de turistas, de la cual, si poseen un aprendizaje formal, ya que la mayoría refirió haber recibido una certificación como guía de turistas, lo que les ayudaba a su economía y a ampliar sus conocimientos.

Al respecto, Land-Zandstra y col. (2021) mencionaron que la participación en proyectos de investigación, les ha proporcionado a los MC aprendizaje directo al observar el trabajo de los investigadores, interactuar con ellos y recibir entrenamiento informal.

La participación pública de la ciencia de los MC se ha dado en proyectos de investigación y conservación clasificados como contributivos, a partir del modelo propuesto por Bonney y col. (2009), principalmente se asociaron a la recolección de datos, así como a la recopilación de información y recursos y a interpretar datos y extracción de conclusiones. Pero, además realizaban otras contribuciones como conocimiento del ecosistema y sus interacciones, educación ambiental, seguimiento de distintos tipos de especies, conocimiento técnico especializado de la flora y fauna, conservación de la biodiversidad, la asistencia a tesis, entre otras.

La contribución de los MC es especialmente significativa para los proyectos de investigación, debido a su conocimiento local y familiaridad con el entorno, lo que les permite recopilar información que de otra manera sería difícil de obtener, además de que podrían ser aliados importantes en el uso sostenible de los recursos naturales (Danielsen y col., 2009).

La colaboración y co-creación son aspectos destacados de su participación en proyectos. Los MC no solo brindan apoyo técnico y logístico, sino que también desempeñan un papel crucial en la mentoría y capacitación de otros investigadores y miembros de la comunidad, lo que enriquece mutuamente los

conocimientos y fortalece la colaboración entre diversos actores.

Aun, cuando los MC pueden obtener un mayor conocimiento y comprensión a través de la investigación, como sugieren Crall y col. (2011), la falta de un programa formal de formación y certificación, así como la falta de evaluación y valoración de sus contribuciones, representan desafíos que deben abordarse para mejorar su efectividad y su impacto en la conservación de la biodiversidad. Lo anterior, fue coincidente con la recurrencia de las citas asociadas a los códigos obtenidos de las entrevistas del presente estudio, sobre todo en los MC.

Los resultados de las entrevistas sugieren la necesidad de programas de capacitación y desarrollo para fortalecer las habilidades de los MC y garantizar la calidad de los datos que recopilan. Como en el caso de los paracólogos o parataxonomistas, que ha demostrado ser una estrategia adecuada para integrar a miembros no científicos en equipos de investigación, que son capacitados para trabajar en campos de la ciencia ecológica y taxonómica, a pesar de carecer de formación académica formal (Janzen, 2004; Schmiedel y col., 2016), como los MC de este estudio, quienes en su mayoría carecen de estudios superiores, sin embargo, tienen una amplia experiencia en la práctica desarrollada como MC.

Programas como el de Maestros Naturalistas de EE. UU., mencionado por Merenlender y col. (2016), podrían servir como modelos para el desarrollo y la certificación de habilidades de los MC, mejorando así la calidad y la efectividad de su participación en la observación de aves y la conservación del medio ambiente.

Entre los beneficios percibidos de participar en proyectos de investigación y conservación, los MEP destacaron la evolución del enfoque: del monitoreo de aves a la conservación, donde los MC son promotores claves de la conservación y tienen conocimiento sobre

diversas especies y ecosistemas, además del territorio y sus dinámicas. Land-Zandstra y col. (2021), señalan que la participación en investigaciones no solo amplía el conocimiento científico de los voluntarios, sino que también mejora sus habilidades que son fundamentales tanto para los participantes como para la calidad de los proyectos. El reconocimiento económico y social, lo cual no solo mejora su situación financiera, sino que también eleva su estatus dentro de la comunidad. Este reconocimiento promueve una motivación intrínseca, ya que su trabajo es valorado y recomendado por INV, lo que puede abrir puertas a futuras colaboraciones. Estos resultados son coherentes con la propuesta de Agnello y col. (2022), quienes categorizaron los beneficios percibidos por los participantes en tres tipos: altruistas, individuales y organizativos. Esto no solo les permite obtener beneficios, sino que también les ayuda a comprender mejor el proyecto y a sentirse parte, esto en sintonía consonancia con lo planteado por Ostrom (2015) en relación con la administración sobre bienes comunes.

A nivel comunitario, la participación en estos proyectos genera ingresos a través de servicios ofrecidos a investigadores y turistas, fortaleciendo la economía local y fomentando una conciencia ambiental. Institucionalmente, los monitores aportan a la investigación sin la necesidad de contratar personal adicional, representando un recurso valioso y eficiente. Además, los visitantes se benefician del bienestar emocional y educativo, contribuyendo indirectamente a la conservación de la biodiversidad.

La evaluación y valoración de la contribución de los MC enfrenta varios desafíos, la falta de reconocimiento de INV e instituciones, la falta de apoyo de las entidades públicas (institucional y financiero) y la exclusión de las publicaciones académicas, ya que en muy pocas fueron incluidos, de acuerdo a los datos de las entrevistas. La omisión de información por parte de los responsables del proyecto, el sistema de evaluación basado en

publicaciones científicas y la falta de capacidades de las entidades públicas para dar seguimiento a estas contribuciones son algunas de las barreras identificadas (Tregoning, 2018; Moczek y col., 2021).

Es importante destacar que la contribución de los MC puede variar según el contexto y los factores asociados al proyecto, como lo señalan Schrögel y Kolleck (2018). Esta variabilidad en la contribución resalta la necesidad de comprender y valorar el papel único que desempeñan en cada proyecto de conservación e investigación, lo que dificulta su comparación.

Comparativamente, los MC comparten similitudes con los paraecólogos y parataxónomos estudiados por Schmiedel y col. (2016), quienes realizan una variedad de tareas relacionadas con la investigación de la biodiversidad como la recolección de datos, levantamiento de muestras, enseñanza, tutoría, guía de visitantes, trabajo de campo, manejo de cámaras nocturnas, monitoreo de la biodiversidad y apoyo a todo tipo de investigación de científicos naturales y enlace la comunicación entre científicos y comunidades. Sin embargo, a diferencia de estos profesionales, los MC pueden carecer de las condiciones de desarrollo y seguridad necesarias para su labor, por lo que es necesario superar los desafíos relacionados con la evaluación y valoración de su contribución para garantizar su reconocimiento y apoyo continuo en estos proyectos.

Otro desafío es el reconocimiento formal de sus habilidades. La falta de certificación oficial limita sus oportunidades de empleo y progreso, manteniéndolos en una posición de precariedad laboral y económica. Este problema se agrava por la insuficiente compensación que reciben por su contribución a la investigación, a menudo relegados a recibir solo un jornal sin seguridad laboral o prestaciones. Su falta de reconocimiento institucional y de apoyo financiero puede obstaculizar sus esfuerzos.

La gestión exitosa de la conservación de la biodiversidad requiere de la colaboración estrecha de las comunidades locales, INV, tomadores de decisiones y otras partes interesadas (Derbile y col., 2022; Reed y Rudman, 2022). Cada uno de estos grupos aporta perspectivas únicas y valiosas que enriquecen el panorama general de la conservación ambiental (Atanga, 2017; Napogbong y col., 2021). Si bien, cada grupo de actores tiene sus propias perspectivas y prioridades en la conservación de la biodiversidad, todos comparten un objetivo común: proteger y preservar los recursos naturales para las generaciones futuras.

## CONCLUSIONES

Los monitores comunitarios (MC) en este estudio fueron habitantes de tres áreas naturales protegidas que contribuyeron con proyectos de investigación, aportando sus conocimientos empíricos de las especies de flora y fauna que habitaban en el área, así como de los ecosistemas y sus interacciones. Su formación inició mediante entrenamientos coordinados por instituciones nacionales, como CONANP, para aportar información estratégica de la zona. Su experiencia se acrecentó con su participación en trabajos de investigación, en los que desarrollaron actividades que fueron desde la recolección de muestras, registro de información y datos de la flora, fauna y el ecosistema, hasta colaborar en la interpretación de la información y extracción de conclusiones. El conocimiento y trayectoria adquiridos a través de ese proceso educativo informal les permitió ser promotores clave de la conservación, proporcionar mejores servicios turísticos, reconocimientos y ocupar cargos en sus comunidades. Sin embargo, el que no se les considere como colaboradores en los productos académicos generados, la falta de reconocimiento oficial institucional, el no contar con un contrato por su labor, ni una base de tiempo parcial o completo, pese a mantener interacción personal directa y de largo plazo con investigadores y funcionarios de gobierno, desvalorizan sus esfuerzos. Es ne-

cesario integrar marcos de políticas públicas para guiar y respaldar este trabajo comunitario en el ámbito de la conservación, mediante acciones dirigidas a que los investigadores y funcionarios de organismos estatales reconozcan formalmente el conocimiento local aportado por los MC y difundan sus resultados entre ellos. También deben ir dirigidas a la certificación de sus conocimientos, capacidades y habilidades, así como a desarrollar programas de formación continua, mediante programas de educación ambiental, dirigidos tanto a los MC como a las comunidades locales, fomentando la conciencia sobre la importancia de la conservación de la

biodiversidad y el papel clave que desempeñan en el proceso. Aunque las experiencias manifestadas en la presente investigación pueden ser distintas a la de otros MC, capacitados por expertos nacionales o internacionales, representan un punto de partida fundamental para desarrollar estudios sobre las dinámicas sociales, que permitan visibilizar los conflictos, el bienestar y salud en estos contextos de conservación.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Agnello, G., Vercammen, A., & Knight, A. T. (2022). Understanding citizen scientists' willingness to invest in, and advocate for, conservation. *Biological conservation*, 265, 109422. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109422>
- Arce-Plata, M. I., Herrera-Varon, J., Gutierrez-Montoya, C. y Londoño-Murcia, M. C. (2020). Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad en montes de maríam.c. Monitoreo comunitario de la biodiversidad en Montes de María. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos *Alexander von Humboldt*. [En línea]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35586>. Fecha de consulta: 21 de octubre de 2023.
- Atkinson, R. & Flint, J. (1970). Accessing hidden and hard-to-reach populations: Snowball Research Strategies. *Social Research Update*. <http://eprints.gla.ac.uk/37493/>
- Atanga, N. (2017). Agricultural transformation in Africa: the role of natural resources. *Nature and Faune (FAO/UNEP) eng v*, 31(1).
- Baxin-Beltrán, C., Baxin-Salazar, F., Málaga-Temich, B., Medina-Mena, I., Atanacio-López, M., Flores-Gutiérrez, M., Lozada-Ronquillo, M. P., Calderón-Parra, R., & Ortega-Álvarez, R. (2020). Community-based monitoring for the Tuxtla Quail-Dove *Zentrygon carrikeri*: a contribution to the natural history of an elusive, endangered and micro-endemic species of Mexico. *Ornithological science*, (19), 87-92.
- Bell, S., Shaw, B., & Boaz, A. (2011). Real-world approaches to assessing the impact of environmental research on policy. *Research evaluation*, 20(3), 227-237. <https://doi.org/10.3152/095820211X13118583635792>
- Berrones-Benítez, E., Álvarez Lara, M., López Hernández, M., Ortega-Álvarez, R., Calderón-Parra, R. y Berlanga, H. (2015). Aves de la Reserva de la Biosfera El Cielo: guía de campo. NABCI- México, CONABIO, Gobierno del Estado de Tamaulipas, SEMARNAT, CONANP. Distrito Federal, México. <https://www.ihuitl.com/fullscreen-page/comp-jk7tdjb4/51afdb87-c846-44da-81a4-2fdb94feefa5/5>
- Bonney, R., Ballard H., Jordan, H., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. (2009). Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report. Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE). *Online Submission*.
- Cagan, R., (2013). The San Francisco Declaration on Research Assessment. *Dis model mech*, 6(4), 869-870. <https://doi.org/10.1242/dmm.012955>
- Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M. Z., López, B. C., Danielsen, F., Legind, J. K., Masinde, S., Miller-Rushing, A. J., Newman, G., Rosemartin, A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards International Biodiversity Monitoring. *Biological conservation*, 213, 280-294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- Corbin, J. M. & Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria. *Qualitative sociology*, 13(1), 3-21. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109422>

doi.org/10.1007/bf00988593

Corbin, J. & Strauss, A. (2008). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (Third edition). Sage.

CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2022). Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). gob.mx. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-areas-prottegidas-sinap>. Fecha de consulta: 21 de octubre de 2023.

CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2024a). Programas de Manejo. Laguna Madre y delta del río bravo.gob.mx. [En línea]. Disponible en: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=122&reg=5>. Fecha de consulta: 21 de febrero de 2024.

CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2024b). Programas de Manejo. Los Tuxtlas. gob.mx. [En línea]. Disponible en: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=138&reg=5>. Fecha de consulta: 21 de febrero de 2024.

Crall, A. W., Newman, G. J., Stohlgren, T. J., Holfelder, K. A., Graham, J., & Waller, D. M. (2011). Assessing citizen science data quality: An Invasive Species Case Study. *Conservation letters*, 4(6), 433-442. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263x.2011.00196.x>

Danielsen, F., Burgess, N. D., Balmford, A., Donald, P. F., Funder, M., Jones, J. P., Alviola, P., Balete, D. S., Blomley, T., Brashares, J., Child, B., Enghoff, M., Fjeldså, J., Holt, S., Hübertz, H., Jensen, A. E., Jensen, P. M., Massao, J., Mendoza, M. M., ..., & Yonten, D. (2009). Local participation in Natural Resource Monitoring: A characterization of approaches. *Conservation biology*, 23(1), 31-42. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01063.x>

Danielsen, F., Enghoff, M., Poulsen, M. K., Funder, M., Jensen, P. M., & Burgess, N. D. (2021). The concept, practice, application, and results of locally based monitoring of the environment. *BioScience*, 71(5), 484-502. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab021>

Danielsen, F., Eicken, H., Funder, M., Johnson, N., Lee, O., Theilade, I., Argyriou, D., & Burgess, N. D. (2022). Community Monitoring of Natural Resource Systems and the environment. *Annual review of environment and resources*, 47(1), 637-670. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-022325>

Dawson, N. M., Coolsaet, B., Sterling, E. J., Lovelidge, R., Gross-Camp, N. D., Wongbusarakum, S., Sangha, K. K., Scherl, L. M., Phan, H. P., Zafra-Cal-

vo, N., Lavey, W. G., Byakagaba, P., Idrobo, C. J., Chernet, A., Bennett, N. J., Mansourian, S., & Rosado-May, F. J. (2021). The role of indigenous peoples and local communities in effective and equitable conservation. *Ecology and society*, 26(3). <https://doi.org/10.5751/es-12625-260319>

Derbile, E. K., Atanga, R. A., & Abdulai, I. A. (2022). Re-visiting sustainable development: sustainability and well-being from the perspectives of indigenous people in rural Ghana. *Local environment*, 27(3), 327-341. <https://doi.org/10.1080/13549839.2022.2040463>

DOF, Diario Oficial de la Federación (1998). Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas en Veracruz. [En línea]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_de\\_talle.php?codigo=4900167&fecha=23%2F11%2F1998#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_de_talle.php?codigo=4900167&fecha=23%2F11%2F1998#gsc.tab=0). Fecha de consulta: 27 de agosto de 2023.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2005). Decreto de creación del área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo. [En línea]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_de\\_talle.php?codigo=4919407&fecha=14%2F04%2F2005#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_de_talle.php?codigo=4919407&fecha=14%2F04%2F2005#gsc.tab=0). Fecha de consulta: 27 de agosto de 2023.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2009). Naturales. Aviso por el que se informa al público en general que la comisión nacional de áreas Naturales protegidas ha concluido la elaboración del programa de manejo de la reserva de la biosfera los Tuxtlas, Ubicada en los municipios de ángel R. Cabaña, Catemaco, Mecayapan, Pajapan, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla, Sotapan y Tatahuicapan de Juárez, en el estado de Veracruz (Continúa en la Cuarta Sección). DOF. [En línea]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5121873](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5121873). Fecha de consulta: 27 de agosto de 2023.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2015). Naturales. Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del programa de Manejo del área de Protección de flora y fauna laguna madre y delta del río bravo. [En línea]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5399986&fecha=09%2F07%2F2015#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5399986&fecha=09%2F07%2F2015#gsc.tab=0). Fecha de consulta: 23 de agosto de 2023.

Eicken, H., Danielsen, F., Sam, J. M., Fidel, M., Johnson, N., Poulsen, M. K., Lee, O. A., Spellman, K. V., Iversen, L., Pulsifer, P., & Enghoff, M. (2021). Connecting top-down and bottom-up approaches in environmental observing. *BioScience*, 71(5), 467-483. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab018>

Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C. C. M., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D., ..., & Jiang, Q. (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. *Citizen science: theory and practice*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.5334/cstp.96>

Glaser, B. & Strauss, A. (1967). The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. [En línea]. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/references-papers.aspx?referenceid=1873897](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/references-papers.aspx?referenceid=1873897). Fecha de consulta: 15 de marzo de 2023.

Gobierno del Estado de Tamaulipas (1985). Decreto de creación de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas. [En línea]. Disponible en: [https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema\\_nacional/documentos/ANPL/Tamps/RESERV-BIOSF-EL-CIELO.pdf](https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema_nacional/documentos/ANPL/Tamps/RESERV-BIOSF-EL-CIELO.pdf). <https://www.tamaulipas.gob.mx>. Fecha de consulta: 13 de julio de 2023.

Gobierno del Estado de Tamaulipas (2013). Acuerdo Gubernamental por medio del cual se aprueba la Actualización del Programa de Manejo del Área Ecológica Protegida “Reserva de la Biósfera El Cielo”. [En línea]. Disponible en: <http://po.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2013/12/cxxviii-144-281113F-ANEXO.pdf>. Fecha de consulta: 13 de julio de 2023.

González-Romo, C. E., Garza-Torres, E. Padrón-Serrano, Jiménez-Ramírez, R. y Berrones-Benítez, E. (2014). Las aves de El Cielo: Etnobiología y observación de la naturaleza para su conservación en un área natural protegida de Tamaulipas, México. En M. A. Vásquez-Dávila (Ed.), *Aves, personas y culturas. Estudios de Etnoornitología 1* (pp. 261-283). CONACYT/ ITVO/Carteles Editores/UTCH. 261-283 Pp.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). Censo de Población y Vivienda 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>. Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2023.

IPBES, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy

Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. In S. Díaz, J., Settele, E. S., Brondízio, E. S., H. T., Ngo, M., Guèze, J., Agard, A., Arneth, P., Balvanera, K. A., Brauman, S. H. M., Butchart, K. M. A., Chan, L. A., Garibaldi, K., Ichii, J., Liu, S. M., Subramanian, G. F., Midgley, P., Miloslavich, Z., Mol-nár, D., Obura, ..., & C. N. Zayas (Eds.), *IPBES secretariat, Bonn, Germany* (pp. 13-23). Copyright © 2019, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)

Janzen, D. H. (2004). Setting up tropical biodiversity for conservation through non-damaging use: Participation by parataxonomists. *Journal of applied ecology*, 41(1), 181-187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00879.x>

Janzen, D. H. & Hallwachs, W. (2011). Joining inventory by Parataxonomists with DNA barcoding of a large complex tropical conserved wildland in northwestern Costa Rica. *PLoS One*, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018123>

Land-Zandstra, A., Agnello, G., & Gültekin, Y. S. (2021). Chapter 13: Participants in citizen science - springer. In K. Vohlandetal (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 244-259). Springer, Cham. [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-58278-4\\_13.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-58278-4_13.pdf)

Levontin, L., Gilad, Z., & Chako, S. (1970). The citizen science (CS) motivation scale. Technion. [En línea]. Disponible en: <https://cris.technion.ac.il/en/publications/the-citizen-science-cs-motivation-scale>. Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2023.

Manual para monitoreo de aves (2012). Iniciativa de monitoreo de aves en áreas bajo influencia de actividades productivas promovidas por el corredor biológico mesoamericanoméxico. [En línea]. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/m\\_mo\\_nitores\\_comunitarios\\_aves.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/m_mo_nitores_comunitarios_aves.pdf). Fecha de consulta: 25 de marzo de 2024.

Margules, C. R. & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), 243-253. <https://doi.org/10.1038/35012251>

Merenlender, A. M., Crall, A. W., Drill, S., Prysby, M., & Ballard, H. (2016). Evaluating Environmental Education, citizen science, and stewardship through naturalist programs. *Conservation biology*, 30(6), 1255-1265. <https://doi.org/10.1111/cobi.12737>

Moczek, N., Hecker, S., & Voigt-Heucke, S. L.

(2021). The known unknowns: What citizen science projects in Germany know about their volunteers—and what they don't know. *Sustainability*, 13(20), 11553. <https://doi.org/10.3390/su132011553>

MsTeams Microsoft Teams, Plataforma de Comunicación Empresarial Patentada Desarrollada Por Microsoft, Como Parte de La Familia de Productos Microsoft 365. 2024.

Napogbong, L. A., Atanga, R. A., & Derbile, E. K. (2021). Climate change and the Fulani: Reducing vulnerabilities of herders to climate change through Climate Change Adaptation Planning in rural Ghana. *Handbook of climate change management*, 1-25. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3\\_283-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_283-1)

Ortega-Álvarez, R., Benítez, E. B., Mena, I. M., Cano, L. V., Bautista, L. B., & Calderón-Parra, R. (2018a). Notes on the breeding behavior of the Bumblebee Hummingbird (*atthis heloisa*), an endemic species of Mexico: Nest, courtship displays, and altitudinal movements. *The wilson journal of ornithology*, 130(3), 800-805. <https://doi.org/10.1676/17-067.1>

Ortega-Álvarez, R., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., Valdez-Cano, L., Bautista- Bautista, L., López-Hernández, M. y Calderón-Parra, R. (2018d). Enhancing our knowledge on the Ornate Hawk-Eagle (*Spizaetus ornatus*) through community-based monitoring records from tropical Mexico. *Revista brasileira de ornitología*, (26): 196-201.

Ortega-Álvarez, R., Berrones-Benítez, E. Medina-Mena, I. y Valdez-Cano, L. (2019). Cantos y llamados de las aves de los bosques templados de Sierra Norte, Oaxaca. CD de audio. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22941.56809>

Ortega-Álvarez, R., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., Ruiz-Gutiérrez, V., Arizmendi, M., Sánchez-González, L. A., & Zúñiga-Vega, J. J. (2021b). Local colonization and extinction in forestry habitats: Assessing the effects of productive activities on the occupancy dynamics of bird populations. *Biotropica*, 53(4), 1142-1152. <https://doi.org/10.1111/btp.12956>

Ortega-Álvarez, R., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., & Zúñiga-Vega, J. J. (2020). Assessing the effects of habitat characteristics and co-occurrence with closely related species on occupancy of resident 'wood-warblers' in a Neotropical working landscape. *Ibis*, 162(4), 1262-1278. <https://doi.org/10.1111/ibi.12830>

Ortega-Álvarez, R., Ruiz-Gutiérrez, V., Robinson, O. J., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., & Zúñiga-Vega, J. J. (2021c). Beyond incidence data: Assessing bird habitat use in indigenous working landscapes through the analysis of behavioral variation among land uses. *Landscape and urban planning*, 211, 104100. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104100>

Ortega-Álvarez, R., Valdez-Cano, L., Wilchest, V., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., & Solano-Zavaleta, I. (2021a). *Abronia fuscolabialis* (Anguillidae; Gerrhonotinae). *Revista Latinoamericana de herpetología*, 4(2), 219-223. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2021.02.307>

Ortega-Álvarez, R., Zúñiga-Vega, J. J., Ruiz-Gutiérrez, V., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., Núñez-García, R., Clark-Tapia, R. y Aguirre-Hidalgo, V. (2018c). Mejores prácticas para el aprovechamiento forestal maderero: bosques para las aves y para las comunidades. En R. Clark-Tapia, M. E. Fuentes-Carrasco, C. Alfonso-Corrado, M. F. Ramos-Morales y V. Aguirre-Hidalgo (Eds.). *Manejo Forestal Comunitario y Sustentabilidad en Sierra Juárez, Oaxaca*. Editorial Fontamara. México.

Ortega-Álvarez, R., Zúñiga-Vega, J. J., Ruiz-Gutiérrez, V., Berrones-Benítez, E., Medina-Mena, I., & Ramírez-Felipe, F. (2018b). Improving the sustainability of working landscapes in Latin America: An application of community-based monitoring data on bird populations to inform management guidelines. *Forest ecology and management*, 409, 56-66. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.033>

Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(39), 15181-15187. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702288104>

Ostrom, E. (2015). Reflections on the commons. *Governing the commons*, 1-28. <https://doi.org/10.1017/cbo9781316423936.002>

Patton, M. Q. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods*. Sage. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nur.4770140111>

Peltier, C. (2018). An application of two-eyed seeing: Indigenous Research Methods with participatory action research. *International journal of qualitative methods*, 17(1), 160940691881234. <https://doi.org/10.1177/1609406918812346>

Phillips, T. B., Ballard, H. L., Lewenstein, B. V., &

Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. *Science education*, 103(3), 665-690. <https://doi.org/10.1002/sce.21501>

Pronatura (2024). En armonía con la naturaleza. [En línea]. Disponible en: <https://www.pronaturanoreste.org>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2023.

Reed, M. S. & Rudman, H. (2022). Re-thinking research impact: Voice, context and power at the interface of Science, policy and Practice. *Sustainability science*, 18(2), 967-981. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01216-w>

Schmiedel, U., Araya, Y., Bortolotto, M. I., Boeckenhoff, L., Hallwachs, W., Janzen, D., Kolipaka, S. S., Novotny, V., Palm, M., Parfondry, M., Smanis, A., & Toko, P. (2016). Contributions of paraecologists and parataxonomists to research, conservation, and Social Development. *Conservation biology*, 30(3), 506-519. <https://doi.org/10.1111/cobi.12661>

Schrögel, P. & Kolleck, A. (2018). The many faces of participation in science. *Science & technology studies*, 77-99. <https://doi.org/10.23987/sts.59519>

Sitios Ramsar (2004). Laguna Madre. Laguna Madre. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. [En línea]. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1362>. Fecha de consulta: 13 de mayo de 2023.

Thomson, S. B. (2010). Grounded Theory - Sample Size. *Journal of administration and governance*, 5(1), 45-52. <https://ssrn.com/abstract=3037218>

Tregoning, J. (2018). How will you judge me if not by impact factor? *Nature*, 558(7710), 345-345. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05467-5>

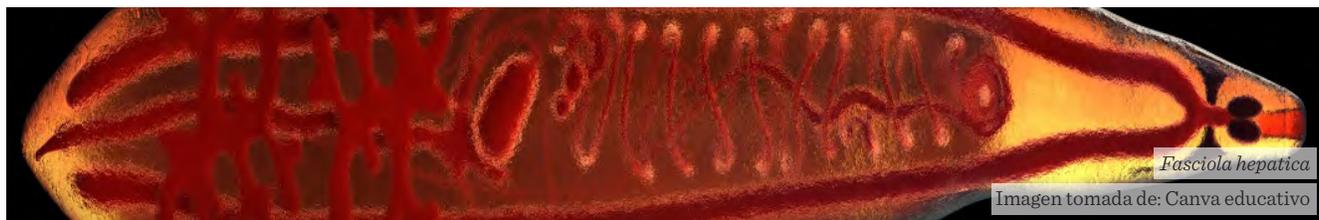
UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2006a). MaB, Programa sobre el Hombre y la Biosfera. Laguna Madre y Delta Río Bravo Biosphere Reserve, México. [En línea]. Disponible en: <https://en.unesco.org/biosphere/lac>. [https://en.unesco.org/biospherelac/laguna-madre\\_rio-bravo](https://en.unesco.org/biospherelac/laguna-madre_rio-bravo). Fecha de consulta: 21 de febrero de 2024.

UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2006b). MaB, Programa sobre el Hombre y la Biosfera. Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Mexico - UNESCO. [En línea]. Disponible en: <https://en.unesco.org/biosphere/lac/los-tuxtlas>. Fecha de consulta: 21 de febrero de 2024.

UNESCO, Organización de las Naciones Unidas

para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2013). MaB, Programa sobre el Hombre y la Biosfera, *El CIELO*. [En línea]. Disponible en: <https://www.unesco.org/en/mab/el-cielo>. Fecha de consulta: 22 de mayo de 2023.

Vallejo-Novoa, L. A. (2023). Critical mass: The creation of pajarero /birder communities in Mexico for citizen science. *Tapuya: Latin American science, technology and society*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/25729861.2023.2254620>



# Uso de plantas medicinales como una alternativa para el tratamiento de la fasciolosis

## Use of medicinal plants as an alternative for the treatment of fasciolosis

Joseline Licona-Hernández, José Ignacio Olave-Leyva, Deyanira Ojeda-Ramírez\*

### RESUMEN

La fascioliasis es una enfermedad causada por gusanos planos, parásitos de la clase trematoda y género *Fasciola*, que afecta a animales y humanos. A pesar de su considerable impacto en la salud pública y el sector pecuario, así como a su frecuente reaparición, se encuentra entre las enfermedades tropicales desatendidas. Aunado a ello, el uso indiscriminado de fasciolicidas sintéticos en el ganado ha propiciado resistencia de este trematodo a los antihelmínticos disponibles en el mercado, por lo que es necesario contar con nuevas alternativas de tratamiento. El objetivo de este trabajo fue analizar los avances recientes a nivel mundial sobre las plantas medicinales con efecto sobre *Fasciola*, reportadas en las bases de datos PubMed, Scopus, SciFinder y Google Scholar, entre enero de 2019 y julio de 2023. Se encontraron reportes sobre el potencial fasciolicida de 32 plantas, 7 de ellas con actividad sobre huevos, 3 sobre los estadios larvales, 1 sobre juveniles y el resto sobre el estadio adulto del parásito. Dentro de los metabolitos secundarios responsables de la actividad farmacológica, se han identificado monoterpenos, alcaloides, ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's), artemisina y compuestos fenólicos; destacando la curcumina y la timoquinona. Los resultados encontrados ponen de manifiesto el potencial uso de las plantas como fuente de nuevos principios activos fasciolicidas.

**PALABRAS CLAVE:** *Fasciola*, plantas medicinales, extractos, metabolitos secundarios.

### ABSTRACT

Fascioliasis is a disease produced by parasitic flatworms of the class trematoda and genus *Fasciola* that affects animals and humans. Despite its considerable impact on public health and the livestock, as well as its frequent reappearance, it is among the neglected tropical diseases. Furthermore, the indiscriminate use of synthetic fasciolicides in livestock has led to resistance of this trematode to the anthelmintics available on the market. For that, it is necessary to have new treatment alternatives. The aim of this work was to analyze recent advances worldwide on medicinal plants with an effect on *Fasciola*, reported in PubMed, Scopus, SciFinder and Google Scholar databases, between January 2019 and July 2023. We found information of 32 fasciolicide plants: seven of them with activity on eggs, three on larval stages, one on juveniles, and the rest on the adult stage of the parasite. Among the secondary metabolites responsible for the pharmacological activity, monoterpenes, alkaloids, polyunsaturated fatty acids (PUFA's), artemisinin and phenolic compounds have been identified, highlighting curcumin and thymoquinone. The findings reveal the potential use of plants as a source of new fasciolicidal active ingredients.

**KEYWORDS:** *Fasciola*, medicinal plants, extracts, secondary metabolites.

\*Correspondencia: [dojeda@uaeh.edu.mx](mailto:dojeda@uaeh.edu.mx)/Fecha de recepción: 8 de noviembre de 2023/Fecha de aceptación: 6 de marzo de 2024/Fecha de publicación: 30 de marzo de 2024.

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, rancho Universitario avenida Universidad km 1, Ex-Hacienda de Aquetzalpa, Tulancingo, Hidalgo, México, C. P. 43600.

## INTRODUCCIÓN

La fascioliasis es una zoonosis de alta prevalencia causada por gusanos planos, parásitos de la clase trematoda y género *Fasciola* (Lalor y col., 2021). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que al menos 2.4 millones de personas están infectadas en más de 70 países en todo el mundo y otros 180 millones tiene riesgo de infección (Lalor y col., 2021; Opio y col., 2021).

En el ámbito económico, la incidencia de *fascioliasis* ocasiona pérdidas en el rendimiento de carne (ovinos, caprinos y bovinos) (Encinas-García y col., 2020). La presencia de parasitosis en estos organismos, provocados por dos especies del género *Fasciola*, identificados como los agentes causales de la enfermedad *F. hepatica* y *F. gigantica* (Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020), produce mermas en el rendimiento de la carne estimadas entre el 8 % y 28 %, pérdidas por decomiso de los hígados en los rastros y una disminución en la producción láctea (20 % a 80 %) (González-Garduño y col., 2019).

La estimación global de las pérdidas anuales sufridas por la industria ganadera en México en el año 2013, debido a hígados confiscados como resultado de la fascioliasis causada por *F. hepatica* fue de \$ 55 076 671 pesos; y sumándole el efecto que provocaron las pérdidas a los productores ganaderos de carne y leche en México, la pérdida total ascendió a \$ 1 701 786 489 pesos (Rodríguez-Vivas y col., 2017).

*F. hepatica* predomina en América y regiones de clima templado, y *F. gigantica* en regiones tropicales de Asia y África (Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020; Opio y col., 2021). A pesar de su considerable impacto en la salud pública y el sector pecuario, la fascioliasis se encuentra entre las enfermedades tropicales desatendidas (Lalor y col., 2021).

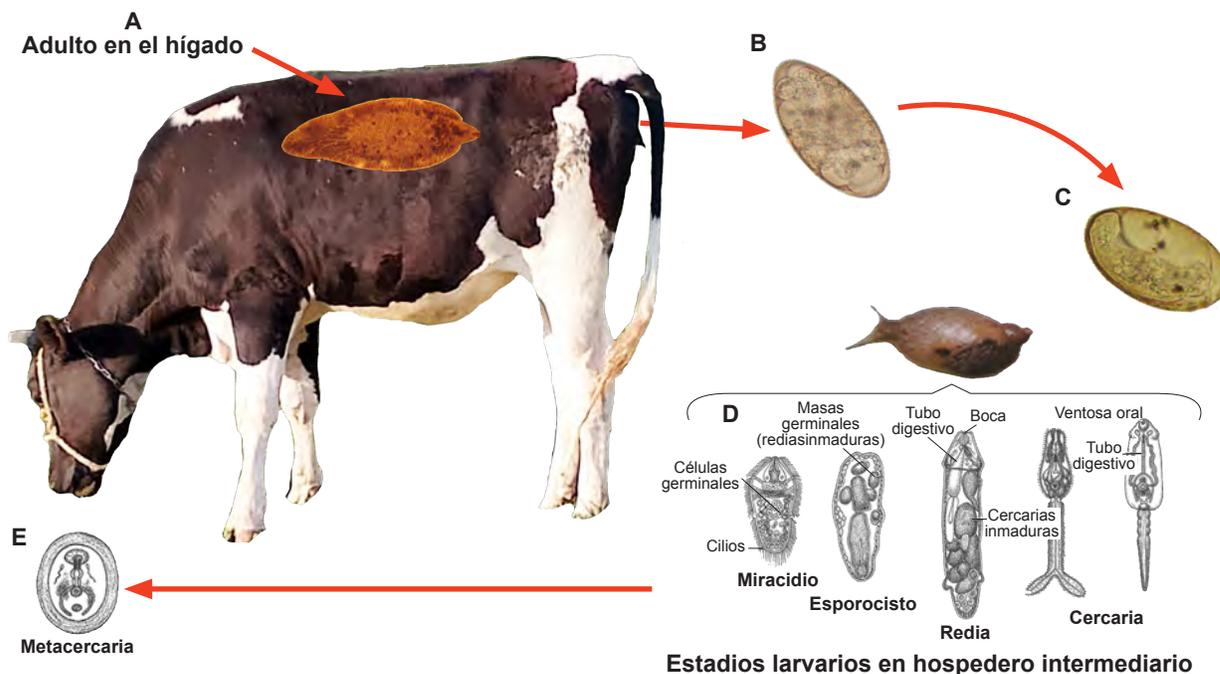
La infección de los seres humanos se produce a través del consumo de pescado de agua dulce, crustáceos y plantas acuáticas, ingeri-

dos crudos o insuficientemente cocidos (Vale y col., 2020); mientras que la principal fuente de transmisión de estos parásitos en los animales es el pasto contaminado por las heces de animales infectados; además, dentro del ciclo biológico intervienen los caracoles de agua dulce del género *Lymnaea* spp como hospedadores intermediarios, los cuales liberan la forma infectante denominada metacercaria (Figura 1) (Pinilla y col., 2020; Lalor y col., 2021).

En los animales, este parásito causa lesiones principalmente en hígado y la signología clínica es gastrointestinal, secundaria a la afectación hepática por la presencia de los estadios juveniles y adultos. En el ser humano los síntomas, en caso de que se produzcan, son múltiples y variados, como disminución en la absorción de alimentos, colangitis, colecistopatía crónica, dolor abdominal localizado en el epigastrio, meteorismo, fiebre, hepatomegalia, náuseas, anorexia e ictericia (López-Villacís y col., 2017).

La prevención de la fascioliasis se basa en el control del hospedador intermediario; mientras que el tratamiento farmacológico para los humanos y animales infectados se basa en el uso de fasciolicidas sintéticos (benzimidazoles, fenoles halogenados, salicilanidinas y sulfonamidas) (Castro-Hermida y col., 2021); sin embargo, el uso indiscriminado de éstos en los animales ha generado mecanismos de resistencia en ambas especies del género *Fasciola*, provocando que los tratamientos convencionales sean menos efectivos.

Existen reportes de resistencia de *F. hepatica* y *F. gigantica* a benzimidazoles (albendazol, triclabendazol) y salicilanilidas (closantel y radoxanida) en ovinos y bovinos (Mas-Coma y col., 2019; Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020; Abdel-Fatah y col., 2022). Aunque no se ha determinado aún con certeza el mecanismo de la resistencia de *F. hepatica* al triclabendazol, los hallazgos científicos apuntan a cambios en la estructura de la tubulina en los individuos resistentes, que hacen



Fuente: modificado a partir de Bowman (2014).

■ **Figura 1. Ciclo biológico de *Fasciola hepatica*:** (A) parásito adulto en hígado, (B) huevos blastomerales salen junto con las heces, (C) se desarrolla el miracidio y eclosiona, (D) miracidio penetra al hospedero intermediario (caracol acuático) y se desarrollan los estadios larvarios, (E) eliminación de la cercaria por el hospedero intermediario y se enquista para formar la metacercaria (forma infestante).

Figure 1. Biological cycle of *Fasciola hepatica*: (A) adult parasite in liver, (B) blastomera eggs emerge along with feces, (C) miracidium develops and hatches, (D) miracidium penetrates the intermediate host (water snail) and the larval stages develop, (E) elimination of the cercaria by the intermediate host and it encysts to form the metacercaria (infesting form).

que el triclabendazol o el albendazol no logren actuar sobre ella como lo hace en los individuos susceptibles (Mas-Coma y col., 2019). Además, estos fármacos sintéticos tienen la desventaja de generar residuos en la carne y leche, así como en el medio ambiente (López-Villacís y col., 2017; Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020).

Las plantas medicinales y sus metabolitos secundarios son candidatos prometedores para el tratamiento y control de parasitosis en el reino animal, y que además pueden tener ciertos beneficios sobre los tratamientos veterinarios contemporáneos, como la susceptibilidad reducida a la resistencia parasitaria, la asequibilidad, la falta de efectos adversos, la fácil accesibilidad y la disminución de

residuos en productos animales y el medio ambiente (Ahmed y col., 2023; Štrbac y col., 2023). Gamulo y col. (2022), realizaron una revisión y metaanálisis de plantas tropicales con efecto *in vitro* sobre *Fasciola*, en éste se incluyeron 10 especies vegetales del trópico (*Areca catechu*, *Berlinia confusa*, *Buchholzia coriacea*, *Capparis decidua*, *Cleome rutidosperma*, *Dioscorea bulbifera*, *Dregea volubilis*, *Gynandropsis gynandra*, *Moringa oleífera* y *Zingiber officinale*), dejando de lado la información referente a la actividad fasciolicida *in vivo* de estas plantas, así como el potencial efecto fasciolicida de plantas del resto del mundo.

El objetivo del presente trabajo fue establecer los avances recientes a nivel mundial sobre

plantas medicinales y sus componentes con actividad sobre tremátodos del género *Fasciola*, evaluadas en modelos *in vitro* e *in vivo*, que no fueron incluidas en el estudio de Gamulo y col. (2022).

### Datos colectados

Se consultaron las bases de datos PubMed, Scopus, SciFinder y Google Scholar. Se usaron las palabras clave “*Fasciola hepatica*”, “*Fasciola* spp”, “*Fasciola gigantica*”; “plantas”, “plants”, “extractos”, “extracts”, “componentes” y “compounds”. Se encontraron 30, 35, 47 y 254 artículos, respectivamente, publicados entre enero de 2019 y julio de 2023. De ellos, 54 fueron elegibles de *screening* (examinación) considerando el título. Después, se revisó el abstract. Se detectaron 15 artículos repetidos y 20 no cumplieron con los criterios de elegibilidad. Finalmente, se incluyeron 19 artículos en la revisión. Los criterios de inclusión de los artículos fueron: publicaciones en las que se evaluara la actividad de extractos de plantas sobre *F. hepatica* y/o *F. gigantica* en ensayos *in vitro* o *in vivo*, y artículos en los que se reportara el efecto de metabolitos secundarios obtenidos de plantas con actividad contra *F. hepatica* y/o *F. gigantica*. Los criterios de exclusión fueron: artículos donde se reportara el efecto fasciolocida *in vitro* de las especies reportadas en el metanálisis publicado por Gamulo y col. (2022); y artículos donde no se mencionara las concentraciones o dosis empleadas.

### Identificación de especies

Se encontró que 32 plantas de 21 familias botánicas (Tabla 1) poseen efecto sobre alguna de las dos especies del género *Fasciola*, en uno o varios de sus estadios, lo cual pone de manifiesto la eficacia y potencial uso de las plantas medicinales para tratar dicha zoonosis. El efecto de estas plantas sobre *F. hepatica* y *F. gigantica*, se dividió en tres categorías: plantas con actividad fasciolocida *in vitro*, plantas medicinales evaluadas *in vivo* y metabolitos secundarios puros aislados de plantas con efecto fasciolocida. A su vez, dentro de la primera, se elaboró una clasificación

de acuerdo con el estadio del parásito en el cual se realizó el ensayo.

### Plantas medicinales con actividad fasciolocida *in vitro*

#### Actividad sobre huevos

*Cuminum cyminum* y *Helianthus annuus* han sido reportadas sobre huevos de *F. hepatica*. En dos estudios realizados en Brasil (Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020; Brauner-de-Mello y col., 2023), el aceite esencial obtenido de semillas de *C. cyminum* L. (AECc) fue capaz de disminuir el 100 % de la eclosión de los huevos a concentración de 0.031 mg/mL y superiores, tras 14 d de exposición. Mientras que el aceite esterificado obtenido de semillas de *H. annuus* L. (AEHa) mostró su máximo efecto sobre la inhibición (58 %) de la eclosión a una concentración de 2.3 mg/mL. Un análisis por cromatografía de gases reveló que el AECc se encontraba constituido principalmente por los monoterpenos [cuminaldehído (26.8 %),  $\gamma$ -terpineno (15.24 %),  $\beta$ -pineno (10.75 %) y *p*-cimeno (5.56 %)], así como 2-carenen-10-al (22.17 %) y 1-fenil-1-butanol (19.47 %) (Figura 2) (Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020; Brauner-de-Mello y col., 2023); mientras que el AEHa contenía a los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's, por sus siglas en inglés: poly unsaturated fatty acids) linoleico (53.64 %), oleico (35.80 %), palmítico (5.79 %) y esteárico (4.11 %) (Figura 3), como componentes mayoritarios (Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020).

El mecanismo de acción antiparasitario de los aceites esenciales y sus terpenos constituyentes está poco estudiado. Sin embargo, se ha estipulado que al ser moléculas lipofílicas y relativamente pequeñas pueden atravesar la membrana del parásito e interactuar con las proteínas, inactivar enzimas y afectar la actividad celular (Morais y col., 2020). Se ha observado que los aceites esenciales son capaces de inhibir la enzima acetilcolinesterasa en nemátodos parásitos, generando un incremento en los niveles del neurotransmisor de acetilcolina (Ach), provocando así una estimulación excesiva de los receptores nicotínicos.

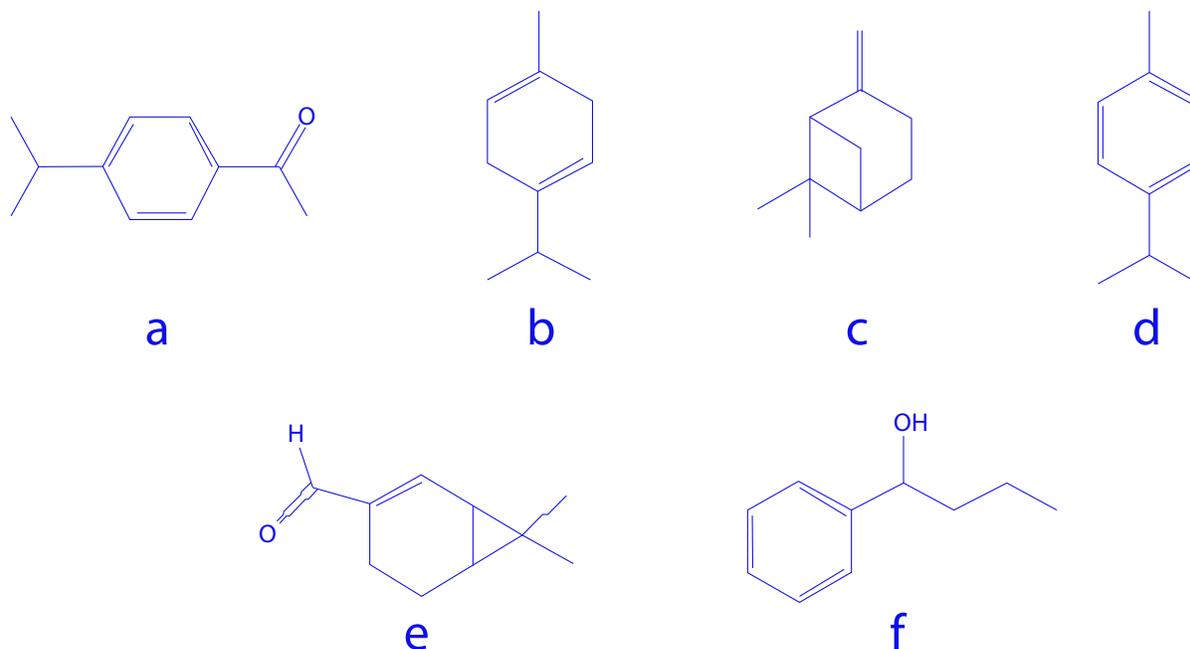
■ Tabla 1. Plantas medicinales con actividad sobre tremátodos Fasciola.

Table 1. Medicinal plants whit activity against Fasciola flukes.

Nombre científico	Familia	Ensayo	Referencia
<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt. Mexicana	Asteraceae	<i>In vitro</i>	Ezeta-Miranda y col., 2020
<i>Asparagus racemosus</i>	Asparagaceae	<i>In vitro</i>	Vishwakarma y Kumar, 2021
<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	<i>In vitro</i>	Ibekwe, 2019; Yamson y col., 2019
<i>Calatropis procera</i>	Aselepiadaceae	<i>In vitro</i>	Okeke y col., 2022
<i>Camellia sinensis</i>	Theaceae	<i>In vitro</i>	Abbas y col., 2020
<i>Cassia fistula</i>	Fabaceae	<i>In vitro, in vivo</i>	Abbas y col., 2020; Sen y col., 2022
<i>Citrullus colocynthis</i>	Cucurbitaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Combretum indicum</i>	Combretaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Cuminum cyminum</i>	Apiaceae	<i>In vitro, in vivo</i>	Abbas y col., 2020; Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020; Brauner-de-Mello y col., 2023
<i>Curcuma longa</i>	Zingiberaceae	<i>In vitro</i>	Ullah y col., 2017; Rehman y col., 2020
<i>Ellingeria eliator</i>	Zingiberaceae	<i>In vitro</i>	Wulandari y col., 2023
<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	<i>In vitro</i>	Marques y col., 2020
<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Glycine soja</i>	Fabaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Harpagophytum procumbens</i>	Pedaliaceae	<i>In vitro</i>	Marques y col., 2020
<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	<i>In vitro</i>	Machado-Pereira-da-Silva y col., 2020
<i>Leonotis nepetifolia</i>	Lamiaceae	<i>In vitro</i>	Ssenkuba y col., 2022
<i>Lepidium sativum</i>	Brassicaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Leptadenia reticulata</i>	Apocynaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	<i>In vivo</i>	El-Shanawany y col., 2019
<i>Nigella sativa</i>	Ranunculaceae	<i>In vitro</i>	Ullah y col., 2017; Rehman y col., 2020
<i>Peganum harmala</i>	Nitrariaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Potentilla fulgens</i>	Rosaceae	<i>In vitro</i>	Kumar, 2021
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	<i>In vitro</i>	Marques y col., 2020
<i>Rosa serícea</i> Linn	Rosaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Sansevieria trifasciata</i>	Asparagaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Solanum surattense</i>	Solanaceae	<i>In vitro</i>	Kumar, 2020
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Fabaceae	<i>In vitro</i>	Marques y col., 2020
<i>Terminalia chebula</i>	Combretaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020
<i>Trachyspermum ammi</i>	Apiaceae	<i>In vivo</i>	Abbas y col., 2020

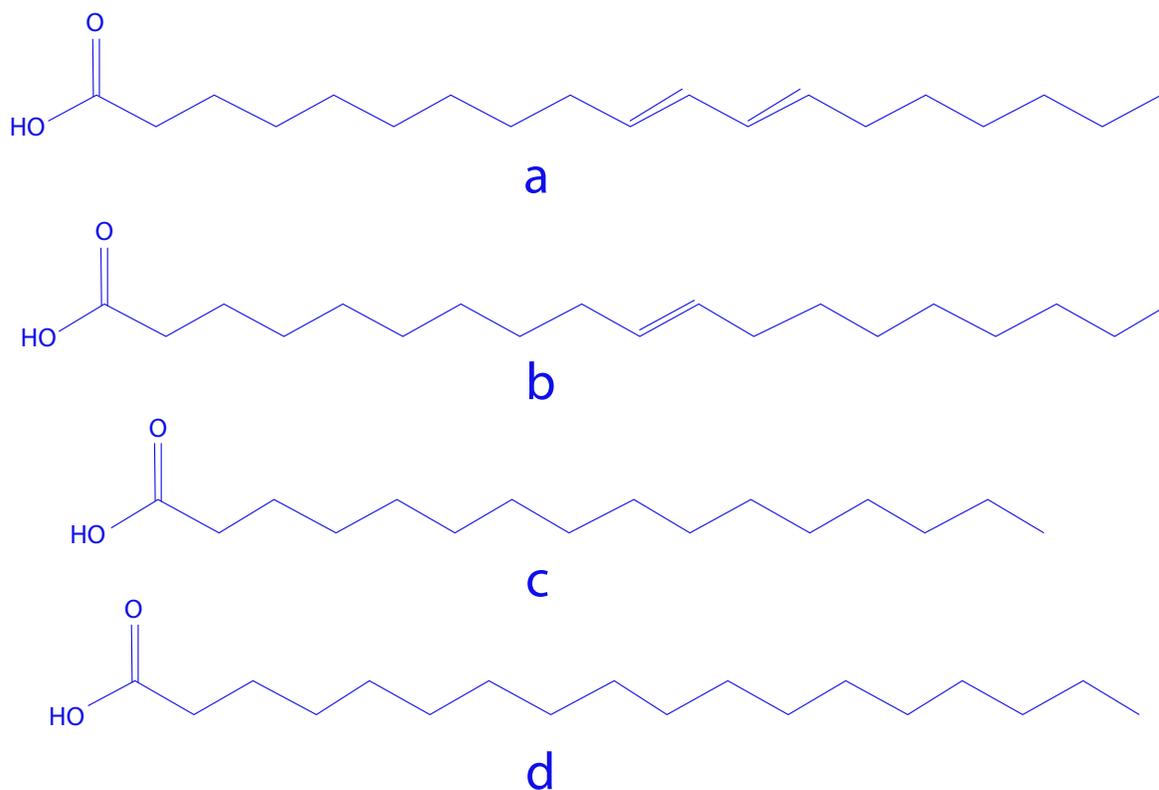
cos de Ach; asimismo un alto nivel de Ach causa contracción muscular y parálisis espástica de algunos nemátodos a través de la entrada de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> o Ca<sup>2+</sup> y la despolarización de la membrana (Lam y col., 2020). Por otra par-

te, se ha evidenciado que los PUFA's pueden afectar la integridad de la membrana superficial de trematodos y los receptores de neurotransmisores ionotrópicos de helmintos (Bonde y col., 2021).



■ Figura 2. Monoterpenos identificados en el aceite esencial de *Cuminum cyminum* L. a) cuminaldehído, b)  $\gamma$ -terpineno, c)  $\beta$ -pineno, d) *p*-cimeno, e) 2-carene-10-al, f) 1-fenil-1-butanol.

Figure 2. Monoterpenes identified in oil essential from *Cuminum cyminum* L. a) cumaldehyde, b)  $\gamma$ -terpinen, c)  $\beta$ -pinene, d) *p*-cymene, e) 2-carene-10-al, f) 1-phenyl-1-butanol.



■ Figura 3. Ácidos grasos presentes en el aceite de semillas *Helianthus annuus* L. a) ácido linoleico, b) ácido oleico, c) ácido palmítico, d) ácido esteárico.

Figure 3. Fatty acids in oil of seeds of *Helianthus annuus* L. a) linoleic acid, b) oleic acid, c) palmitic acid, d) stearic acid.

En otro estudio, realizado también en Brasil, se evaluó el efecto de extractos etanólicos obtenidos de hojas de *Eugenia uniflora* y *Psidium guajava*, raíz de *Harpagophytum procumbens* y corteza de *Stryphnodendron adstringens*, a concentraciones de 1 mg/mL, 2.5 mg/mL y 5 mg/mL, sobre huevos de *F. hepatica*. Todos los extractos mostraron un impacto sobre los huevos, algunos inhibieron la eclosión y otros la formación de miracidio (cría). La mayor eficacia (100 %) se obtuvo con los extractos de *S. adstringens* y *E. uniflora* a 1 mg/mL. Los autores atribuyeron la inhibición de eclosión, así como la alteración del miracidio, a la presencia de taninos en las plantas, ya que estos compuestos pueden unirse a proteínas u otras macromoléculas, o bien a algunos cofactores enzimáticos (Marques y col., 2020). Dicho efecto fue mayor al observado en Nigeria para el extracto hidroalcohólico (EtOH:H<sub>2</sub>O 70:30 *v/v*) de hojas de *Calotropis procera* y nanopartículas de plata funcionalizadas con este extracto, donde el mismo inhibió la eclosión de huevos de *Fasciola* spp (CL<sub>50</sub> = 1.49 mg/mL y CL<sub>90</sub> = 8.42 mg/mL) pero no tuvo impacto sobre el miracidio; mientras que las nanopartículas fueron efectivas en ambos casos (CL<sub>50</sub> = 0.47 mg/mL y CL<sub>90</sub> = 3.34 mg/mL sobre la eclosión de huevos; CL<sub>50</sub> = 0.30 y CL<sub>90</sub> = 0.84 mg/mL sobre el miracidio) (Okeke y col., 2022). Los autores adjudicaron la actividad de reacción del extracto a la presencia de saponinas y taninos que pudieron haber penetrado en los huevos y detener la eclosión; mientras que el mayor efecto de las nanopartículas pudo deberse a una mayor dispersión y liberación del extracto en los huevos.

Finalmente, en Indonesias se evaluó el efecto ovicida del extracto hidroalcohólico (EtOH:H<sub>2</sub>O 96:04 *v/v*) de flores de *Etilingera elatior* sobre huevos de *F. gigantica* (Wulandari y col., 2023). En ese estudio se demostró que dicho extracto a una concentración de 50 mg/mL, inhibe el desarrollo de los blastómeros, propiciando una incompleta formación del miracidio; además de dañar la membrana del huevo. Esta consecuencia se observó a los 11 d posttra-

tamiento. Los autores atribuyeron el efecto farmacológico a la presencia de ácido tánico, alcaloides, saponinas y flavonoides en el extracto; sin embargo, no ha sido demostrado.

Las diferencias en los efectos observados en los estudios analizados pueden ser atribuidas al contenido metabólico en las plantas, así como a la capacidad de extracción de estos compuestos por el solvente utilizado para la obtención de los extractos (Kapadia y col., 2022).

#### Actividad sobre esporocito, redia y cercaria

Recientemente, se demostró el efecto sobre el esporocito, redia y cercaria de *F. gigantica* de las hojas de *Solanum surattense* (Kumar, 2020), así como de la raíz de *Asparagus racemosus* (Vishwakarma y Kumar, 2021) y *Potentilla fulgens* (Kumar, 2021). En esos trabajos, se evaluó el potencial fasciolicida del material vegetal (hoja o raíz) pulverizado, así como de 5 extractos orgánicos obtenidos de ambos, utilizando éter, cloroformo, acetona, etanol o metanol). También usaron una fracción etanólica extraída de hojas pulverizadas de *S. surattense* o la raíz pulverizada de *A. racemosus* o *P. fulgens*, la que sometieron a un proceso de purificación mediante cromatografía en columna abierta, utilizando gel de sílice como fase estacionaria y etanol como fase móvil. Posteriormente, el etanol fue eliminado del eluato a través de evaporación a presión reducida, y el sólido resultante se consideró como una fracción menos compleja para cada una de las 3 plantas. Todos los tratamientos mostraron toxicidad sobre el trematodo en sus 3 estadios larvales de forma dependiente de la dosis y del tiempo de exposición, pero el mejor efecto se observó con los extractos y fracciones polares donde se utilizó etanol como solvente. Las 3 plantas presentaron un efecto similar con valores de CI<sub>50</sub> = 44.5 mg/mL a CI<sub>50</sub> = 79.93 mg/mL, y la máxima eficacia se obtuvo tras 8 h de exposición del parásito a los tratamientos. Para *S. surattense* y *P. fulgens* la mayor actividad farmacológica sobre los 3 estadios (esporocito, redia y cercaria) se obtuvo con la fracción etanólica menos compleja (CL<sub>50</sub> = 48.25 mg/mL,

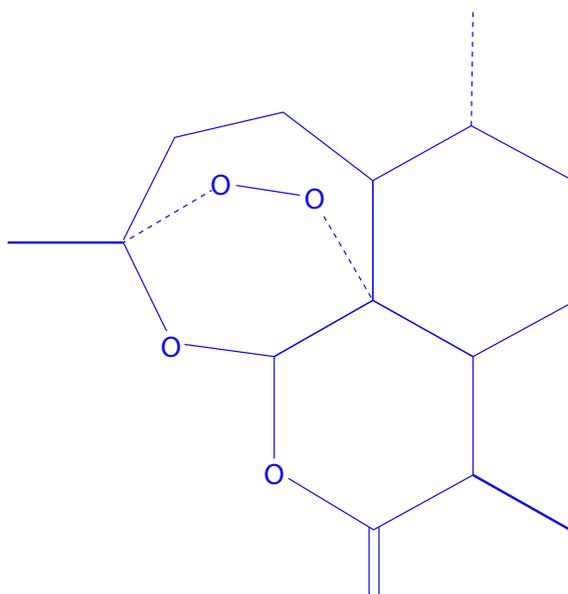
47.61 mg/mL y 44.15 mg/mL; y  $CL_{50} = 54.20$  mg/mL, 49.37 mg/mL y 38.13 mg/mL, respectivamente); mientras que para la especie *A. racemosus*, el extracto etanólico fue el más eficaz ( $CL_{50} = 51.9$  mg/mL, 48.05 mg/mL y 49.76 mg/mL sobre larva esporocística, redial y cercaria, respectivamente). La extracción etanólica (directa o por cromatografía en columna) mostró mayor actividad fasciolítica, lo que sugiere que este solvente facilita la disolución de compuestos capaces de difundirse en el parásito, hasta acumularse a concentraciones tóxicas; o bien, a la transformación de dichos compuestos en otras especies tóxicas por las enzimas del parásito. Sin embargo, esto no ha sido confirmado.

#### Actividad sobre estadio juvenil y adulto

Se han utilizado extractos íntegros producidos mediante el uso de solventes polares independientes, como metanol, etanol o mezclas alcohol: agua; o bien a través de procedimientos de extracción secuencial del material vegetal con solventes de polaridad creciente (n-hexano < acetato de etilo (AcOEt) < acetona < etanol (EtOH) < metanol), para obtener así extractos menos complejos y con metabolitos secundarios afines al solvente utilizado. Además, los modelos farmacológicos

empleados se basan en determinar el efecto de los extractos sobre la motilidad, muerte y/o daños generados al tegumento del parásito (Ezeta-Miranda y col, 2020; Sen y col., 2022; Wulandari y col., 2023).

*Artemisia ludoviciana* Nutt. Mexicana, es una planta medicinal con actividad sobre estadio juvenil de trematodos *Fasciola*. En un estudio realizado en México por Ezeta-Miranda y col. (2020), en el que se hizo una extracción secuencial de las hojas de esta planta mediante maceración, utilizando hexano como primer disolvente, seguido de acetato de etilo y metanol, los extractos más polares (metanol y acetato de etilo) fueron los más activos sobre juveniles recién exquistados de *F. hepatica* (100 % de eficacia a 0.125 mg/mL y 24 h de exposición); mientras que el extracto hexánico mostró su máximo efecto a las 72 h. Además, el extracto de acetato de etilo causó una disrupción de la ventosa oral y discontinuidad de las espinas circundantes en la superficie del parásito. Mediante un estudio químico biodirigido, del extracto de acetato de etilo, establecieron a la lactona sesquiterpénica artemisina (Figura 4) como el principio fasciolicida presente en las hojas de *A. ludoviciana*.



■ Figura 4. Estructura química de la artemisina.

Figure 4. Chemical structure of artemisinin.

El efecto farmacológico exhibido por los extractos está influenciado por el solvente utilizado para la extracción, el lugar de colecta del material vegetal, así como la concentración empleada en el ensayo. Prueba de ello, es el efecto trematocida de las hojas de *Azadirachta indica* sobre *F. hepatica*. En un estudio realizado en Filipinas se evaluó un extracto hidroalcohólico (EtOH:H<sub>2</sub>O 80:20 *v/v*) obtenido de esta especie vegetal, el cual no mostró actividad sobre el trematodo a las concentraciones evaluadas (100 mg/mL a 400 mg/mL) (Yamson y col., 2019); mientras que en un estudio realizado en Nigeria, el extracto acuoso de estas hojas tuvo una CL<sub>50</sub> = 1.44 mg/mL tras 5 h de exposición (Ibekwe, 2019).

Otra planta con actividad sobre parásitos *Fasciola* adultos es *Cassia fistula*, cuyo extracto hidroalcohólico (EtOH:H<sub>2</sub>O 70:30, *v/v*) administrado a una concentración de 50 mg/mL y 15 h de exposición, generó alteraciones (hinchazón, vacuolización y pérdida de espinas) en el tegumento de estos parásitos, provocando así su muerte. Sen y col. (2022) mencionaron que dicho efecto puede deberse a un desequilibrio iónico e hídrico causado posiblemente por el contenido de saponinas y alcaloides en la planta. Un efecto similar se observó en Indonesia para *Ellingeria elatior*, donde parásitos adultos de *F. gigantica*, tratados con un extracto hidroalcohólico (EtOH:H<sub>2</sub>O 96:04 *v/v*) de flores de esta especie, a una concentración de 200 mg/mL y 80 h de exposición, mostraron daño en el tegumento, separación de éste con la cutícula, plegamiento del acetábulo y ventosa ventral, erosión completa y pérdida de la columna en las partes ventral y dorsal, así como pérdida de epitelio en los intestinos del parásito (Wulandari y col., 2023).

Parásitos con el tegumento dañado son más susceptibles a los tratamientos antiparasitarios, pues los fármacos pueden percolar afectando diversos tejidos y procesos internos de las fasciolas. En general, se ha establecido que la interrupción del tegumento puede afec-

tar el transporte de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> dependiente de energía, incrementando así los niveles de Na<sup>+</sup> y agua, lo que conduce a la inflamación del sincitio en el parásito, reduciendo así su motilidad. Además, el daño tegumentario afecta los procesos excretores/secretores, la captación transtegumentaria, altera las vías de señalización y perturba los procesos metabólicos en el parásito (Faixová y col., 2021).

Los extractos hidroalcohólicos (EtOH:H<sub>2</sub>O 70:30, *v/v*) y acuosos, obtenidos de hojas de *Leonotis nepetifolia*, poseen toxicidad sobre *F. gigantica* adultos. Siendo el extracto acuoso el más activo (CL<sub>90</sub> = 4.435 mg/mL, tras 5.51 h de exposición). Los autores atribuyeron este efecto a una mayor concentración de taninos en el extracto acuoso comparado con el etanólico (0.236 ± 0.002 mg/mL y 0.005 ± 0.001 mg/mL, respectivamente) (Ssenkuba y col., 2022). El efecto antihelmíntico de los taninos, se ha asociado con su capacidad de formar complejos con proteínas y alterar la alimentación, la motilidad, la fecundidad; además de una variedad de funciones bioquímicas mediadas por enzimas en los nemátodos. También, pueden causar daños físicos a las estructuras internas y externas de los parásitos, induciendo su muerte (Acevedo-Ramírez y col., 2019).

Se ha evaluado el efecto adulticida de aceites esenciales sobre trematodos del género *Fasciola*. Brauner-de-Mello y col. (2023), reportaron que el aceite esencial de *C. cyminum*, a una concentración de 0.062 mg/mL y 15 h de exposición, inactivó a la totalidad de parásitos adultos de *F. hepatica* tratados. Además, dañó el tegumento en toda la superficie del trematodo, generando una marcada vacuolización cerca de la lámina basal del sincitio tegumentario, y una gran cantidad de microvesículas alrededor de las espinas. Los autores atribuyeron dicho efecto a la presencia del monoterpeno cuminaldehído (Figura 2a), principal constituyente de este aceite esencial, que induce daño físico mediado por estrés oxidativo y conduce a la muerte de otros helmintos.

## Plantas medicinales con actividad fasciolicida *in vivo*

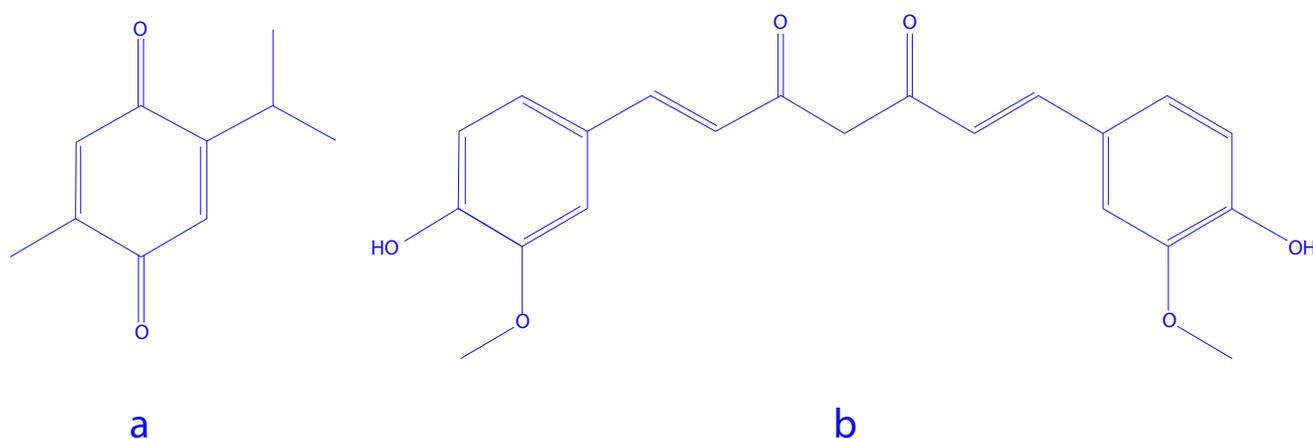
El efecto de plantas medicinales sobre trematodos del género *Fasciola*, en modelos *in vivo* ha sido poco estudiado. En este trabajo sólo se encontraron dos reportes, el primero realizado por El-Shanawany y col. (2019), donde el extracto acuoso de hojas de *Moringa oleifera* fue administrado vía oral a una dosis de 150 mg/kg cada 48 h durante 21 d, a ovejas coinfectadas naturalmente con *F. gigantica* y *Clostridium novyi*. El extracto logró el 99 % de disminución de presencia de huevos, en las heces de los animales con alta carga parasitaria, al día 21. Además, propició una degeneración de los huevos y la presencia de un embrión oscuro después de la primera dosis de tratamiento; y al final del experimento, el huevo se mostró vacío, sin células ni embrión. De igual manera, se observó una mayor ganancia de peso ( $\pm 4$  kg), así como una disminución de los niveles séricos de IgG, IL-2, IL-7 e IL-10 en los animales que recibieron el extracto, comparado con el grupo control. Los autores adjudicaron dichos efectos, a la presencia de saponinas, taninos y flavonoides en el extracto; sin embargo, esto no ha sido demostrado.

Abbas y col. (2020), evaluaron en cabras infectadas naturalmente con *F. hepatica*, la eficacia de una mezcla de 17 plantas molidas: *Mentha spicata*, *Combretum indicum*, *Terminalia*

*chebula*, *Rosa sericea*, *Foeniculum vulgare*, *Trachyspermum ammi*, *Cuminum cyminum*, *Glycine soja*, *Sansevieria trifasciata*, *Cassia fistula*, *Sweria L*, *Linum usitatissimum*, *Peganum harmala*, *Leptadenia reticulata*, *Camellia sinensis*, *Lepidium sativum* y *Citrullus colocynthis*. La mezcla herbal fue suministrada vía oral en 3 dosis distintas según el grupo de estudio (1 g/kg, 1.2 g/kg, y 1.4 g/kg) los días 0, 7, 14 y 21. Todos los tratamientos redujeron la cantidad de huevos en las heces, siendo la dosis más alta, la más activa (82.33 % de reducción a los 30 d). Además, las cabras de este grupo no mostraron signos de toxicidad y tuvieron una ganancia de peso del 4.05 % (5 veces más comparado con el grupo control), así como un incremento en el conteo de eritrocitos, llenado capilar y concentración de hemoglobina.

## Metabolitos secundarios puros obtenidos de plantas con actividad sobre *Fasciola gigantica*

Timoquina y curcumina (Figura 5), han demostrado actividad *in vitro* sobre *F. gigantica*. El primero es un derivado monoterpénico y componente principal del aceite esencial de semillas de *Nigella sativa*; mientras que la curcumina es el principal curcuminóide del rizoma de *Curcuma longa* (Ullah y col., 2017). Ambos compuestos inducen la formación de especies reactivas de oxígeno (ERO) en los parásitos, de forma dependiente de la concentración, siendo mayor el efecto observa-



■ Figura 5. Principios activos fasciolicidas aislados de plantas medicinales. a) timoquina, b) curcumina. Figure 5. Active fasciolicide principles isolated from medicinal plants. a) timoquin, b) curcumin.

do para la timoquinona, al duplicar la concentración de ERO, comparado con el control. Además, ambos compuestos a una concentración de 60  $\mu\text{M}$  incrementaron la condensación de la cromatina en las células un 60 % y 20 %, respectivamente. El nivel de condensación de la cromatina, así como la fragmentación del ADN en el núcleo celular, son marcadores claves de inducción a la apoptosis (Rehman y col., 2020). En el mismo estudio se evidenció que la curcumina es capaz de fragmentar el ADN en las células del trematodo, e inhibir en un 80 % la expresión del gen GST, el cual está involucrado en el proceso de desintoxicación, al ayudar a la conjugación del glutatión con compuestos xenobióticos.

## CONCLUSIONES

Las plantas medicinales representan actualmente una alternativa potencial para el control de la fascioliasis. Sus metabolitos secundarios, son capaces de producir varios efectos contra los parásitos, como reducción en la eclosión del huevo, fertilidad y alimentación, interrupción del desarrollo y daños estructurales, que inducen su muerte. Sin

embargo, en algunos casos, como *E. uniflora*, *S. adstringens*, *P. fulgens*, *A. racemosus* y *C. fistula* aún faltan realizar estudios químicos para identificar los principios activos responsables de la actividad trematocida. Además, en la mayoría de los estudios, se encontró que la actividad antiparasitaria de los extractos depende del lugar de colecta de la planta, tipo de extracto, la concentración, así como del tiempo en que se exponen las fasciolas. La evidencia de la actividad fasciolicida *in vivo* es reducida respecto a las investigaciones del efecto de los extractos de plantas y/o compuestos puros sobre *F. hepatica* y *F. gigantica* en modelos *in vitro*, por lo que es necesario el desarrollo de protocolos para determinar su seguridad y eficacia terapéutica previo al desarrollo de fitomedicamentos seguros y eficaces que reemplacen el uso de fasciolicidas sintéticos en el tratamiento de esta enfermedad, lo que constituye un gran reto para la comunidad científica internacional.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflictos de intereses de ningún tipo.

## REFERENCIAS

- Abbas, R. Z., Zaman, M. A., Sindhu, Z. U. D., Sharif, M., Rafique, A., Saeed, Z., Rehman, T. U., Siddique, F., Zaheer, T., Khan, M. K., Akram, M. S., Chattha, A. J., Fatima, U., Munir, T., & Ahmad, M. (2020). Anthelmintic effects and toxicity analysis of herbal dewormer against the infection of *Haemonchus contortus* and *Fasciola hepatica* in goat. *Pakistan Veterinary Journal*, 40(4), 455-460. <http://dx.doi.org/10.29261/pakvetj/2020.083>
- Abdel-Fatah, O. R., Arafa, W. M., Wahba, A. A., & El-Dakhly, K. M. (2022). Tegumental alterations and resistance of *Fasciola gigantica* adult worms exposed to flukicides in Egypt. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11, 106. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00287-z>
- Acevedo-Ramírez, P. M. D. C., Hallal-Calleros, C., Flores-Pérez, I., Alba-Hurtado, F., Mendoza-Garfías, M. B., Castro-Del-Campo, N., & Barajas, R. (2019). Anthelmintic effect and tissue alterations induced *in vitro* by hydrolysable tannins on the adult stage of the gastrointestinal nematode *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*, 266, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.12.008>
- Ahmed, H., Kilinc, S. G., Celik, F., Kesik, H. K., Simsek, S., Ahmad, K. S., Afzal, M. S., Farrakh, S., Safdar, W., Pervaiz, F., Sadia, L., S., Zhang, J., & Cao, J. (2023). An inventory of anthelmintic plants across the globe. *Pathogens*, 12, 131. <https://doi.org/10.3390/pathogens12010131>
- Bonde, C. S., Bornancin, L., Lu, Y., Simonsen, H. T., Martínez-Valladares, M., Peña-Espinoza, M., Mejer, H., Williams, A. R., & Thamsborg, S. M. (2021). Bio-guided fractionation and molecular networking reveal fatty acids to be principal anti-parasitic compounds in Nordic seaweeds. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 674520. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.674520>
- Bowman, D. D. (2014). Georgis' Parasitology for

Veterinarians. (Ninth edition). Elsevier. 77 Pp.

Brauner-de-Mello, A., Baccega, B., Obelar-Martins, F., Ignês-de-Santi, I., Islabão, Y. W., de-Giacometi, M., Pereira-Soares, M., da-Rosa-Farias, N. A., & Belmonte-Oliveira, C. (2023). Activity of cumin essential oil to control fascioliasis: Efficacy and changes in the tegument of *Fasciola hepatica*. *Experimental parasitology*, 252, 108587. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2023.108587>

Castro-Hermida, J. A., González-Warleta, M., Martínez-Sernández, V., Ubeira, F. M., & Mezo, M. (2021). Current challenges for Fasciolicide treatment in ruminant livestock. *Trends in Parasitology*, 37(5), 430-444. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.12.003>

El-Shanawany, E. E., Fouad, E. A., Keshta, H. G., Hassan, S. E., Hegazi, A. G., & Abdel-Rahman, E. H. (2019). Immunomodulatory effects of *Moringa oleifera* leaves aqueous extract in sheep naturally co-infected with *Fasciola gigantica* and *Clostridium novyi*. *Journal of Parasitic Diseases*, 43, 583-591. <https://doi:10.1007/s12639-019-01130-6>

Encinas-García, R., Quiroz-Romero, H., Guerrero-Molina, C. y Ochoa-Galván, P. (2020). Frecuencia de fasciolosis hepática e impacto económico en bovinos sacrificados en Ferrería, México, D.F. *Veterinaria México OA*, 7(3), 928. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2020.3.928>

Ezeta-Miranda, A., Vera-Montenegro, Y., Avila-Acevedo, J. G., García-Bores, A. M., Estrella-Parra, E. A., Francisco-Marquez, G., & Ibarra-Velarde, F. (2020). Efficacy of purified fractions of *Artemisia ludoviciana* Nutt. mexicana and ultrastructural damage to newly excysted juveniles of *Fasciola hepatica* *in vitro*. *Veterinary Parasitology*, 285, 109-184. <https://10.1016/j.vetpar.2020.109184>

Faixová, D., Hřčková, G., Kubašková, T. M., & Muroňová, D. (2021). Antiparasitic effects of selected isoflavones on flatworms. *Helminthologia*, 58, 1-16. <https://doi.org/10.2478/helm-2021-0004>

Gamulo, J. V., Bolina, M. P., Brion, J. S., Rosa, V. C. N. D., Maglaya, R. F., Tan, C. L., & Chang, A. C. (2022). Fascioliasis phytotherapy using tropical plant extracts: a systematic review with meta-analysis. *The Journal of Advances in Parasitology*, 9(1), 12-28. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.jap/2022/9.1.1.2.28>

González-Garduño, R., Hernández-Hernández, J. D. C., Torres-Hernández, G. y Ortiz-Pérez, D. O. (2019). Comportamiento hematológico de bovinos infecta-

dos por trematodos en un clima cálido húmedo de México. *Pastos y Forrajes*, 42(3), 197-201.

Ibekwe, H. A. (2019). In vitro anthelmintic activities of aqueous crude extract of *Azadirachta indica* on *Paramphistomum cervi* and *Fasciola hepatica*. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 4(1), 14-18.

Kumar, P. (2020). Helminth control: *In vitro* anthelmintic and larvicidal activities of *Solanum surattense* against *Fasciola gigantica* (Sporocyst, Redia, and Cercaria) larvae. *International Journal of Medical Parasitology and Epidemiology Sciences*, 1(4), 85-90. <https://doi.org/10.34172/ijmpes.2020.24>

Kapadia, P., Newell, A. S., Cunningham, J., Roberts, M. R., & Hardy, J. G. (2022). Extraction of highvalue chemicals from plants for technical and medical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10334. <https://doi.org/10.3390/ijms231810334>

Kumar, P. (2021). Medicinal plant *Potentilla fulgens* and its effect *in vitro* against *Fasciola gigantica*. *Insights Clin Cell Immunology*, 5, 4-7. <https://doi.org/10.29328/journal.icci.1001018>

Lam, N. S., Long, X., Su, X. Z., & Lu, F. (2020). *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil and its monoterpene constituents in treating protozoan and helminthic infections. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 130, 110624. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110624>

Lalor, R., Cwiklinski, K., Calvani, N. E. D., Dorey, A., Hamon, S., Corrales, J. L., Dalton, J. P., & De-Marco Verissimo, C. (2021). Pathogenicity and virulence of the liver flukes *Fasciola hepatica* and *Fasciola gigantica* that cause the zoonosis Fasciolosis. *Virulence*, 12(1), 2839-2867. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1996520>

López-Villacís, I. C., Artieda-Rojas, J. R., Mera-Andrade, R. I., Muñoz-Espinoza, M. S., Rivera-Guerra, V. E., Cuadrado-Guevara, A. C., Zurita-Vásquez, J. H. y Montero-Recalde, M. A. (2017). *Fasciola hepatica*: aspectos relevantes en la salud animal. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 4(2), 137-146.

Machado-Pereira-Da-Silva, M. A., Zehetmeyr, F. K., Pereira, K. M., Pacheco, B. S., Freitag, R. A., Pinto, N. B., Machado, R. H., Villarreal-Villarreal, J. P., de-Oliveira-Hubner, S., Aires-Berne, M. E., & da-Silva-Nascente, P. (2020). Ovicidal *in vitro* activity of the fixed oil of *Helianthus annuus* L. and the essential oil of *Cuminum cyminum* L. against

- Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758). *Experimental Parasitology*, 218, 107984. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2020.107984>
- Marques, L. T., Guedes, R. A., Rodrigues, W. D., Archanjo, A. B., Severi, J. A., & Martins, I. V. F. (2020). Chemical composition of various plant extracts and their *in vitro* efficacy in control of *Fasciola hepatica* eggs. *Ciência Rural*, 50(5), e20190363. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190363>
- Mas-Coma, S., Valero, M. A., & Bargues, M. D. (2019). Fascioliasis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1154, 71-103. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18616-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18616-6_4)
- Morais, M. C., Souza, J. V., da-Silva-Maia-Bezerra-Filho, C., Dolabella, S. S., & Sousa, D. P. (2020). Trypanocidal essential oils: A review. *Molecules*, 25(19), 4568. <https://doi.org/10.3390/molecules25194568>
- Okeke, I. J., Oyeyemi, O. T., & Morenikeji, O. A. (2022). Ovicidal and miracicidal activities of *Calotropis procera* and its green-synthesized nanotized derivative: A quest for new antifasciola agents. *Acta tropica*, 236, 106700. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106700>
- Opio, L. G., Abdel-Fatah, E. M., Terry, J., Odongo, S., & Okello, E. (2021). Prevalence of Fascioliasis and associated economic losses in cattle slaughtered at Lira municipality Abattoir in Northern Uganda. *Animals* (Basel), 11, 681. <https://doi.org/10.3390/ani11030681>
- Pinilla, J. C., Florez-Muñoz, A. A., & Uribe-Delgado, N. (2020). Prevalence and risk factors associated with liver fluke *Fasciola hepatica* in cattle and sheep in three municipalities in the Colombian Northeastern Mountains. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 19, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2019.100364>
- Rehman, A., Ullah, R., Gupta, D., Khan, M. A. H., Rehman, L., Beg, M. A., Khan, A. U., & Abidi, S. M. A. (2020). Generation of oxidative stress and induction of apoptotic like events in curcumin and thymoquinone treated adult *Fasciola gigantica* worms. *Experimental Parasitology*, 209, 107810. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107810>
- Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez-de-León, A. A., Silva-Villela, H., Torres-Acosta, J. F. D. J., Fragoso-Sánchez, H., Romero-Salas, D., Rosario-Cruz, R., Saldierna, F., & García-Carrasco, D. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8, 61-74. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>
- Sen, H., Raj-Narayan-Damor, R. D., & Swarnakar, G. (2022). *In-vitro* anthelmintic effects of medicinal plant *Cassia fistula* extract on the tegument of *Fasciola gigantica* by light microscope. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research (IJPSR)*, 12, 6736-6743. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12\(12\).6736-43](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12(12).6736-43)
- Ssenkuba, F., Komujuni, C., & Tumusiime, J. (2022). *In vitro* anthelmintic activity of Leonotis nepetifolia ethanolic and aqueous leaf extracts on *Fasciola gigantica*. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 14(4), 82-90. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2022.1011>
- Štrbac, F., Krnjajić, S., Stojanović, D., Novakov, N., Bosco, A., Simin, N., Ratajac, R., Stanković, S., Cringoli, G., & Rinaldi, L. (2023). Botanical control of parasites in veterinary medicine. *One Health Triad*, 3(31), 215-222. <https://doi.org/10.47278/book.oht/2023.98>
- Ullah, R., Rehman, A., Zafeer, M. F., Rehman, L., Khan, Y. A., Khan, M. A., Khan, S. N., Khan, A. U., & Abidi, S. M. (2017). Anthelmintic potential of Thymoquinone and Curcumin on *Fasciola gigantica*. *PLoS One*, 12, e0171267. <https://doi.org/10.1371/journal.pon.0171267>
- Vale, N., Gouveia, M. J., Gärtner, F., & Brindley, P. J. (2020). Oxysterols of helminth parasites and pathogenesis of foodborne hepatic trematodiasis caused by *Opisthorchis* and *Fasciola* species. *Parasitology Research*, 119, 1443-1453. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06640-4>
- Vishwakarma, K. & Kumar, P. (2021). *In vivo* anthelmintic activity of medicinal plant *Asparagus racemosus* against larva of *Fasciola gigantica*. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 12(2), 675-680.
- Wulandari, A. R., Nurlaelasari, A., Nugroho, H. A., Cahyadi, M., Kurniawan, W., & Hamid, P. H. (2023). Ethanolic extract of *Etlingera elatior* flower exhibits anthelmintic properties to *Fasciola gigantica in vitro*. *Open Veterinary Journal*, 13(5), 576-587. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2023.v13.i5.10>
- Yamson, E. C., Tubalinal, G. A. S., Viloria, V. V., & Mingala, C. N. (2019). Anthelmintic effect of betel nut (*Areca catechu*) and neem (*Azadirachta indica*) extract against liver fluke (*Fasciola* spp.). *Journal of Advanced Veterinary Research*, 6, 44-49. <https://doi.org/10.5455/javar.2019.e310>



Imagen tomada de: Canva educativo

# Identificación de bebidas azucaradas que los padres agregan a los refrigerios de sus hijos y su relación con el riesgo cardiometabólico en escolares

## Identification of sugar-sweetened beverages that parents add to their children's snacks and the relationship with cardiometabolic risk in schoolchildren

Estrella Cerecedo-Lugo<sup>1</sup>, SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo<sup>2</sup>, Ana Luisa González-Pérez<sup>2</sup>, Octelina Castillo-Ruiz<sup>1\*</sup>

### RESUMEN

El alto consumo de bebidas azucaradas (BA) promueve la ganancia de peso corporal tanto en niños como adultos. Su ingesta excesiva se ha asociado con algunas enfermedades crónico-degenerativas como la hipertensión arterial, resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, obesidad, hipertrigliceridemia y síndrome metabólico. El objetivo del presente trabajo fue identificar el consumo de BA, como parte de los refrigerios que los padres agregan a sus hijos y su asociación con la existencia de riesgo cardiometabólico en escolares de primarias de Reynosa, Tamaulipas. La muestra estuvo integrada por 853 escolares de 3° y 4° de primaria, a quienes se les determinó peso (kg), estatura (cm), índice de masa corporal y circunferencia de cintura (cm). Para evaluar las BA ofertadas como parte del refrigerio escolar se utilizó una lista de cotejo que consideraba: jugos, aguas saborizadas, leches saborizadas, refrescos y bebidas isotónicas. El riesgo cardiometabólico (RCM) se midió con la circunferencia de cintura para edad y sexo, utilizando un rango mayor o igual a percentil 90. Se encontró que el 49.4 % (421) de los escolares consumió BA. Las niñas tuvieron mayor consumo (27.8 %; 237) que los niños (21.6 %; 184). El 24.1 % de los menores presentaron factor de RCM, 11.4 % de ellos (6.4 % niñas y 5.0 % niños) tenían como hábito el consumo de BA, asociado al desarrollo de factores de RCM adicionales. Se destaca la importancia de mantener programas de enseñanza e intervención para mejorar los hábitos alimenticios de los menores, toda vez que la infancia es una etapa de aprendizaje.

**PALABRAS CLAVE:** escolares, bebidas azucaradas, riesgo cardiometabólico.

### ABSTRACT

High consumption of sugar-sweetened beverages (SSB) promotes body weight gain in both children and adults. Its excessive intake has been associated with some chronic-degenerative diseases such as high blood pressure, insulin resistance, type 2 diabetes, obesity, hypertriglyceridemia, and metabolic syndrome. The objective of this work was to identify the consumption of SSB, as part of the snacks that parents add to their children, and their association with the existence of cardiometabolic risk in primary school students in Reynosa, Tamaulipas. The sample was made up of 853 in 3rd and 4th grade primary schoolchildren, whose weight (kg), height (cm), body mass index and waist circumference (cm) were measured. To evaluate the SSB offered as part of the school snack, a checklist was used that considered: juices, flavored waters, flavored milks, soft drinks and isotonic beverages. Cardiometabolic risk (CMR) was measured with waist circumference for age and sex, using a range greater than or equal to the 90th percentile. It was found that 49.4 % (421) of schoolchildren consumed SSB. Girls had higher consumption (27.8 %; 237) than boys (21.6 %; 184). 24.1 % of children presented CMR factor, 11.4 % of them (6.4 % girls y 5.0 % boys) had as habit the consumption of SSB, associated with the development of additional CMR factors. We highlight the importance of maintaining teaching and intervention programs to improve the eating habits of minors, since childhood is a learning stage.

**KEYWORDS:** schoolchildren, sugar sweetened beverages, cardiometabolic risk.

\*Correspondencia: octecastillox@hotmail.com/ Fecha de recepción: 5 de diciembre de 2023/ Fecha de aceptación: 1 de julio de 2024/ Fecha de publicación: 17 de julio de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, División de Estudios de Posgrado e Investigación, calle 16 y Lago de Chapala s/n, Col. Aztlán, Reynosa, Tamaulipas, México, C.P. 88740. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Laboratorio de Seguridad Alimentaria, Reynosa, Tamaulipas, México, C. P. 88740.

## INTRODUCCIÓN

Los hábitos alimentarios forman parte de la humanidad, estos son adquiridos en el hogar y pueden variar a lo largo de la vida por diversos factores, como la influencia de la publicidad, la cultura, la disponibilidad de alimentos, ingreso económico, entre otros factores (Gallardo y col., 2021). Durante los últimos años se han observado cambios en los patrones alimentarios que ocasionan hábitos de alimentación inadecuados, caracterizados por un bajo consumo de alimentos de calidad nutricional, como frutas y verduras y elevado consumo de bebidas azucaradas (BA) (Aleman-Castillo y col., 2019), lo que conlleva a un detrimento de la salud (Lamos y col., 2018).

Los hábitos alimentarios y el estilo de vida han propiciado una tendencia a la obesidad en la población escolar, y esto predispone a los niños a padecer diversas enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) (Villagra y col., 2020). De acuerdo con Ríos-Reyna y col. (2022a), el sobrepeso y la obesidad representan un problema de salud pública, y se encuentran relacionados con las enfermedades cardiovasculares y podrían extenderse hasta la edad adulta si no se atienden. Al respecto, Sang III y col. (2023) informaron que, en Estados Unidos, el 18.4 % de los niños padecen obesidad, lo que aumenta el riesgo de morbilidad cardiometabólica posterior. Por otro lado, en China se observó una asociación significativa entre el consumo de BA y la hipertensión arterial tanto en los estudiantes con peso saludable como en los que padecían sobrepeso u obesidad (Qin y col., 2018).

La obesidad es multifactorial, incluye hábitos alimentarios no saludables con un alto consumo de BA y baja ingesta de agua (Jiménez-Aguilar y col., 2021). En las últimas décadas se ha observado que el consumo de BA con altos valores calóricos ha incrementado en la población mexicana, lo que ha contribuido en el aumento de ECNT, generando un alto costo para el sector salud en México y en el mundo (Cantú-Martínez y col., 2020). De igual manera, lo registraron Torres-Álvarez

y col. (2020), quienes refirieron que un elevado consumo de BA influye en el desarrollo de ECNT.

La Encuesta Mundial de Salud Escolar reveló que un 48.1 % de los estudiantes, sin importar sexo y edad, consume más de 2 veces al día BA. Dicho consumo se relaciona con un modelo de dieta poco saludable, dado que estas bebidas influyen en la ingesta calórica general, presentan un alto índice glucémico, un equilibrio calórico positivo y reducen el consumo de alimentos adecuados nutricionalmente (Asís y col., 2019).

Algunos estudios sugieren que tanto los niños como los adultos con el mayor consumo de BA tienen un riesgo elevado de padecer síndrome metabólico (Li y col., 2020). La grasa abdominal en exceso incrementa el riesgo de las enfermedades cardiovasculares y las enfermedades metabólicas como la diabetes mellitus tipo 2 (DM 2), hiperuricemia, dislipidemias y síndrome metabólico (Hernández y col., 2018). En este sentido, Loh y col. (2017) reportaron que el consumo de BA y el riesgo cardiometabólico (RCM) permanecen en gran medida en las poblaciones occidentales. Al respecto, el trabajo realizado por Eny y col. (2020) en preescolares canadienses de 3 a 6 años, reveló una asociación positiva entre el consumo de BA y el RCM ( $P = 0.05$ ), es decir, un mayor consumo de BA se asocia con pequeños incrementos de RCM.

La medición de la circunferencia de cintura (CC) es una herramienta útil y fácil de aplicar en la práctica clínica para la evaluación del riesgo cardiovascular en pacientes con sobrepeso y obesidad (Moreno, 2010). El uso de la distribución de los percentiles de CC por edad, sexo y origen étnico podría impactar las recomendaciones de salud pública dada la creciente preocupación por las consecuencias de sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes (Fernández y col., 2004).

Una alta ingesta de BA se ha relacionado específicamente con una mayor CC en niños y

adolescentes (Vos y col., 2017), ya que el exceso de energía se convierte en grasa y se almacena en el tejido adiposo (Kartini y col., 2018). Sin embargo, en un estudio realizado en Hong Kong en adolescentes, no se encontró asociación de BA con la CC (Zhang y col., 2020).

Li y col. (2020) encontraron que, los niños con un alto consumo de BA tenían mayor peso, IMC, CC, presión arterial sistólica y diastólica y triglicéridos elevados.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existe un elevado consumo de BA en el mundo, con un aporte elevado de calorías a partir de la glucosa, fructosa, sacarosa, entre otros azúcares, que se suman a las calorías de la dieta de la población (Obando, 2019). Dentro del grupo de las BA se incluyen “refrescos gaseosos o no gaseosos, los jugos, bebidas de frutas y verduras, los concentrados líquidos y en polvo, el agua saborizada, bebidas energizantes y deportivas, el té listo para beber, el café listo para beber y las bebidas lácteas saborizadas” (Sandoval y col., 2021: 2). Estos productos han incursionado en los mercados de todo el mundo, debido a la promoción, la publicidad y la información masiva, afectando el comportamiento alimentario del consumidor. La preferencia por la compra y consumo de las BA ha sido propiciada por la disponibilidad y el fácil acceso físico y económico a las mismas (Robelto y col., 2022). Algunos países de Latinoamérica han implementado políticas públicas como la aplicación de impuestos sobre las BA, con el fin de disminuir la obesidad (Ríos-Reyna y col., 2022b).

Cabe mencionar que la elevada ingesta de BA ha involucrado a los niños de edad escolar, influenciados por anuncios publicitarios por los diferentes medios de comunicación (Campos-Ramírez y col., 2019). En niños de edad escolar de Colombia, se identificaron un considerable consumo de “bebidas carbonatadas”, seguido de la ingesta de jugos ultra procesados (combinación de ingredientes procesados con alimentos sin procesar o mínimamente procesados). Smirk y col. (2021) en Nueva Ze-

landa, encontraron que el 96 % de los niños consumieron más de una porción de BA por semana. Machado y col. (2018), reportaron que en Montevideo, Uruguay, la frecuencia de consumo de BA en el 41.8 % de los niños de 4<sup>o</sup> año de primaria lo realizaban de manera ocasional, 33.6 % las consumía de manera frecuente y el 24.6 % las ingería de forma muy frecuente. Gómez-Miranda y col. (2022) documentaron que en escolares de Tijuana, México el 66 % de los niños consumieron BA, porcentaje mayor que las niñas (44 %).

Smith y Baumker (2019) refirieron que, la relación entre el consumo de azúcares añadidos y el riesgo de enfermedades cardiovasculares está claramente establecida y argumentaron que en 2017, la Asociación Estadounidense del Corazón recomendó que los niños consumieran menos de 25 g de azúcar añadida cada día.

En México, las BA son la fuente más importante de azúcares añadidos. Se estima que un mexicano consume aproximadamente 160 L de refresco por año, mientras que a nivel mundial el consumo promedio es de 77 L al año con una ingesta promedio de 238 calorías al día por persona (De-la-Cruz y Garduño, 2021). La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición reportó que en promedio el 84 % de los niños escolares consumen diariamente 0.925 L de BA y en mayores de 12 años 1.400 L (Sánchez y López, 2020).

De acuerdo con Alemán-Castillo y col. (2022), la OMS ha advertido sobre el problema de salud pública que el sobrepeso y la obesidad representan para la humanidad y que afecta especialmente a países de ingreso medio y bajo. Al respecto, Almeida-Perales y col. (2022), documentaron que, desde hace más de 10 años, la población infantil mexicana enfrenta un intenso problema de salud pública, las últimas encuestas de ENSANUT, han revelado que al menos 3 de cada 10 escolares (6 a 11 años) padecen sobrepeso y que la ingesta de alimentos procesados como las bebidas y cereales

azucarados, botanas y golosinas son las principales causas inmediatas y que estos alimentos son incluidos en los refrigerios escolares principalmente.

El objetivo de este estudio fue identificar el consumo de BA como parte de los refrigerios que los padres agregan a sus hijos y la relación de las BA con el riesgo cardiometabólico en los escolares de Reynosa, Tamaulipas, México (por sexo).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Métodos

El presente estudio fue mixto, correlacional y transversal, en el cual participaron 853 niños en edad escolar, de 6 escuelas, de 3ero. y 4to. grado, de primarias públicas del área urbana de Reynosa, Tamaulipas, México, que fueron seleccionadas por conveniencia con nivel socioeconómico medio. Los datos se recabaron en el ciclo escolar (agosto a diciembre de 2016). Se realizó un muestreo aleatorio simple computarizado. Para el cálculo, se usó el programa estadístico EPIDAT (Análisis Epidemiológico de Datos Tabulados) versión 3.1 para Windows. Se consideró un universo de 80 408 con un margen de error de 5 % y un nivel de confianza de 95 %, dando como resultado 383 alumnos, sin embargo, se aumentó la muestra para garantizar la veracidad de los resultados.

Se contactó previamente a los directores de las escuelas para informarles sobre el proyecto de investigación y solicitar su autorización. Posteriormente, se reunió a los padres para informarles del proyecto y solicitar su firma en el consentimiento informado. Se incluyeron niños de ambos sexos con edades de 8 a 11 años de nivel primaria y fueron excluidos escolares con problemas físicos y psicológicos, diabetes, hipotiroidismo, entre otros.

El proyecto se desarrolló previa aprobación del comité de ética de la UAM-Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Los datos se manejaron confidencialmente de acuerdo con la Ley de protección de da-

tos personales incluida en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2017).

### Evaluación antropométrica

Se realizaron mediciones antropométricas a 853 escolares, por 5 licenciados en nutrición y ciencia de los alimentos, de las cuales una cuenta con certificación nivel 1 y 2 con nivel 2 por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés: International Society for the Advancement of Kinanthropometry), quienes capacitaron a 20 egresados de licenciados en nutrición y ciencia de los alimentos para colaborar en el estudio. Se utilizaron las técnicas de medición de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA2-2015 (DOF, 2015); para el peso corporal se usó una báscula de bioimpedancia (Tanita modelo BF-689, China); y para la talla un estadiómetro (SECA 213, China). El peso y la talla se utilizaron para obtener el índice de masa corporal (IMC). La CC se midió de acuerdo con la NOM-043-SSA2-2012 (DOF, 2013), para lo cual se usó una cinta métrica de fibra de vidrio (SECA 200, China). Para evaluar el RCM se definió como la CC  $\geq$  90 percentil por edad y sexo, usando los criterios de Fernández y col. (2004) (Tabla 1).

### Evaluación de BA

Para evaluar la frecuencia y el tipo de BA se utilizó una lista de cotejo previamente validada en la que se registran por observación directa los alimentos contenidos en los refrigerios (Alemán-Castillo y col., 2019). En la lista de cotejo se consideraron: jugos, leches saborizadas, aguas saborizadas, bebidas isotónicas y refrescos. La revisión de los refrigerios se realizó durante 5 d consecutivos a los 853 escolares para evaluar si acostumbraba a traer alguna BA de casa para consumir durante el refrigerio escolar. El 50.2 % (428) eran niñas y 49.8 % (425) niños, con una edad promedio de  $9.20 \pm 0.73$ . Se les realizó una evaluación nutricional.

### Análisis estadístico

La normalidad se determinó mediante la prue-

■ **Tabla 1. Criterios para evaluar el riesgo cardiometabólico**  
 Table 1. Criteria to evaluate cardiometabolic risk.

Género	Edad (años)	Percentiles				
		10*	25*	50*	75*	90*
Niños	8	53.7	58.1	59.6	64.3	71.0
	9	55.5	59.9	61.7	67.0	74.3
	10	57.3	61.8	63.7	69.6	77.7
	11	59.1	63.6	65.8	72.2	81.1
Niñas	8	52.7	55.2	58.8	63.4	69.7
	9	54.3	56.9	60.7	65.7	72.6
	10	55.9	58.6	62.5	68.0	75.5
	11	57.5	60.2	64.4	70.3	78.3

\*Perímetro de cintura en cm.

Nota: interpretación percentil  $\geq 90$  considerado con riesgo cardiometabólico.

Fuente: Fernández y col. (2004).

ba de Kolmogórov-Smirnov ( $P = 0.001$ ). Se calcularon frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas. Para las medidas antropométricas se calcularon medias y desviación estándar, y para comparar entre sexos se empleó la prueba t de Student. Se realizaron tablas cruzadas y la prueba de Ji cuadrado para las variables categóricas. Se utilizó el coeficiente de correlación de Rho de Spearman para relacionar el consumo de BA y RCM. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences) versión 26. El valor de  $P \leq 0.05$  se consideró estadísticamente significativo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación nutricional

En la Tabla 2 se muestran los promedios de

peso, talla, CC, IMC y edad, no se observó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

En las niñas, se observó, como se esperaba, una asociación fuerte (Senthilnathan, 2019) entre el peso corporal y la estatura ( $\rho_{(851)} = 0.700$ ;  $P = 0.001$ ); y muy fuerte entre el peso corporal y la CC ( $\rho_{(851)} = 0.858$ ;  $P = 0.001$ ), así como entre el peso corporal y el IMC ( $\rho_{(851)} = 0.906$ ;  $P = 0.001$ ). En los niños, se registraron los mismos rangos de valores ( $P = 0.001$ ) (Tabla 3), solo que en ellos fueron ligeramente más altos.

### Consumo de BA

El 49.4 % (421) de los escolares consumió BA, de los cuales, el 26.14 % fueron jugos y el 17.4 % aguas saborizadas, mientras que el resto ingirió leches saborizadas, refrescos y bebidas isotónicas (Figura 1). Estos resultados

■ **Tabla 2. Promedios de medidas antropométricas y edad por sexo.**

Table 2. Anthropometric mean measurements and age by sex.

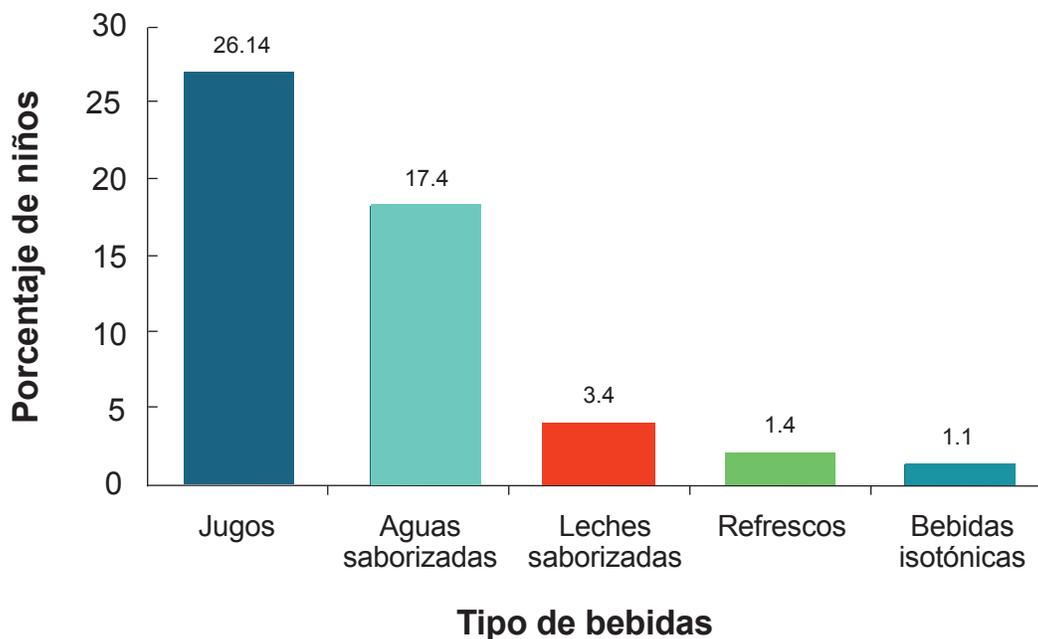
Variables	Ambos (n = 853)	Niñas (n = 428)	Niños (n = 425)	p
	Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	
Peso (kg)	34.26 ( $\pm 8.94$ )	34.17 ( $\pm 8.75$ )	34.36 ( $\pm 9.14$ )	0.76
Estatura (cm)	1.34 ( $\pm 0.06$ )	1.34 ( $\pm 0.07$ )	1.34 ( $\pm 0.06$ )	0.62
Puntaje de IMC	18.81 ( $\pm 3.68$ )	18.72 ( $\pm 3.55$ )	18.89 ( $\pm 3.81$ )	0.52
Cintura (cm)	66.26 ( $\pm 11.02$ )	65.92 ( $\pm 11.33$ )	66.61 ( $\pm 10.70$ )	0.35
Edad (años)	9.17 ( $\pm 0.68$ )	9.15 ( $\pm 0.64$ )	9.20 ( $\pm 0.73$ )	0.32

Comparación de medias de las variables antropométricas, prueba t de Student ( $P \leq 0.05$ ).

■ **Tabla 3. Correlación de bebidas azucaradas, por sexo, edad y mediciones antropométricas.**  
 Table 3. Correlation of sugary drinks by sex, age and anthropometric measurements.

Rho de Spearman		Peso (kg)	Talla (cm)	IMC	Circunferencia de cintura (cm)
Femenino	Peso (kg)	1	0.700**	0.906**	0.858**
			0.001	0.001	0.001
	Estatura (cm)		1	0.361**	0.484**
				0.001	0.001
	IMC			1	0.857**
				0.001	
Masculino	Peso (kg)	1	0.720**	0.933**	0.912**
			0.001	0.001	0.001
	Estatura (cm)		1	0.446**	0.572**
				0.001	0.001
	IMC			1	0.900**
				0.001	
	Circunferencia de cintura (cm)				1

\*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).  
 \*\*La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).



■ **Figura 1. Bebidas azucaradas de mayor consumo en escolares.**  
 Figure 1. Sugar-sweetened beverages of major consumption by schoolchildren.

coinciden con lo reportado por Alemán-Castillo y col. (2019), quienes informaron una elevada ingesta de BA y bajo consumo de frutas y verduras. También Machado y col. (2018), encontraron que un alto porcentaje de niños de Montevideo, Uruguay (58.6 %) ingerían frecuentemente o muy frecuentemente BA. Además, mencionaron que el incremento de calorías que genera la ingesta de azúcares simples en la dieta, desplaza a los alimentos con mayor aporte nutricional.

Por su parte, Ramírez-Vélez y col. (2017) documentaron que uno de cada cinco niños colombianos presentaron consumo diario de BA, y 7 de cada 10 lo hacían semanalmente. En dicho estudio, la prevalencia de obesidad abdominal fue mayor en niños que mencionaron ingerir "bebidas carbonatadas" o jugos ultraprocesados diariamente. Smirk y col. (2021) reportaron que el 96 % de los niños de Nueva Zelanda de 8 a 12 años, consumieron más de una porción de BA por semana, con mayor cantidad de bebidas lácteas azucaradas (85 %), jugos de frutas (46 %) y bebidas carbonatadas (39 %). Dichos resultados son mayores a los reportados en esta investigación, donde se observó un porcentaje menor de infantes que ingerían BA (49.4 %) (Tabla 4) además de que las BA de mayor consumo fueron los jugos, aguas saborizadas y las leches saborizadas.

### Consumo de BA y riesgo cardiometabólico

El consumo de BA fue mayor en las niñas (27.8 %;  $P = 0.001$ ) que en los niños (21.6 %) (Tabla 4), resultados que difieren con los del estudio realizado por Gómez-Miranda y col. (2022)

en la ciudad fronteriza de Tijuana, Baja California, México, donde se reportó que los niños (66 %) consumieron más BA que las niñas (44 %). Qin y col. (2018) en su investigación realizada en China reportaron que el 48.5 % de los escolares consumieron BA, porcentaje similar al encontrado en el presente trabajo (49.4 %), pero difiere en el porcentaje de niños (52.9 %) y niñas (43.6 %) con los de esta investigación, donde se observó que fueron más las niñas (27.8 %) que los niños (21.6 %) quienes consumieron estas bebidas.

En este estudio, se observó que los menores de ambos sexos que presentaban el factor de RCM consumían regularmente BA (Tabla 4). Sin embargo, un porcentaje similar de niños y niñas no registraron el factor de RCM, y no consumían BA. Estos resultados sugieren que a esta edad el consumo de BA no parece determinar directamente la incidencia del factor de RCM, pero su inclusión en la dieta está asociada con el desarrollo de hábitos alimentarios inadecuados y el desarrollo de otros factores de RCM (Alemán-Castillo y col., 2019). Los resultados de la presente investigación concuerdan con los de Zhang y col. (2020) quienes no encontraron asociación entre las BA y la CC o con la edad en adolescentes de 11 a 19 años en Hong Kong. Sin embargo, Caravali-Meza y col. (2016) reportaron que los estudiantes (adolescentes de 15 a 19 años) que consumieron 50 g/d de azúcar o más, presentaron mayor riesgo en el incremento de la CC, similar a lo documentado por Kartini y col. (2018), quienes encontraron una correlación significativa entre la ingesta de BA y la CC

■ **Tabla 4. Relación entre el consumo de BA y riesgo cardiometabólico.**

Table 4. Relation between SSB intake and cardiometabolic.

Sexo	Consumo BA		P	Sin consumo de BA		p
	Riesgo cardiometabólico	Sin riesgo cardiometabólico		Riesgo cardiometabólico	Sin riesgo cardiometabólico	
Niñas	55 (6.4 %)	182 (21.3 %)	0.405	51 (6.0 %)	140 (16.4 %)	0.946
Niños	43 (5.0 %)	141 (16.5 %)		57 (6.7 %)	184 (21.6 %)	

( $P = 0.015$ ) y los niveles de triglicéridos. Ellos observaron que, un consumo mayor a 50 g/d de BA puede aumentar la CC y los niveles de triglicéridos, componentes del síndrome metabólico. Sang III y col. (2023) también reportaron una fuerte asociación entre las enfermedades metabólicas y la elevada ingesta de alimentos grasos y BA. Cabe mencionar que los estudios localizados, donde se asocian o correlacionan las medidas antropométricas y el consumo de BA, fueron en adolescentes, debido a que no se encontraron estudios en escolares de primaria.

Li y col. (2020) refirieron que, la ingesta excesiva de BA se asocia con enfermedades cardiovasculares y trastornos metabólicos (hipertensión, dislipidemia, enfermedades coronarias, entre otros), y que el síndrome metabólico ha sido reconocido como un predictor de diabetes mellitus tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (ECV). Estos autores encontraron que los niños con un alto consumo de BA tenían mayor peso, IMC, CC, presión arterial sistólica y diastólica y triglicéridos elevados, además presentaban mayores probabilidades de desarrollar obesidad abdominal. Qin y col. (2018) en su investigación en China, sobre la relación entre el consumo de BA y la hipertensión arterial reportaron que del total de estudiantes que consumieron BA, 5.1 % tuvieron riesgo de desarrollar hipertensión arterial, siendo los niños los que presentaron mayor riesgo ( $P < 0.001$ ). Torres-Álvarez y col. (2020), refirieron que el elevado consumo de BA influye en el desarrollo de ECNT y que el alto contenido de azúcar de éstas produce una ingesta adicional de energía que provoca un aumento de peso corporal y obesidad infantil que lleva al incremento del riesgo cardiovascular.

Entre las fortalezas de este estudio fue que personal capacitado realizó la evaluación nutricional y diagnóstico de los escolares, y los resultados fueron entregados a las autoridades educativas y posteriormente a los padres de familia para atender los problemas encontrados. Existe poca evidencia científica en relación del consumo de BA con la CC en escolares de educación básica. Entre las limitaciones, es que el estudio fue de tipo transversal, ya que los días festivos y el periodo vacacional interfieren con la recolección de datos; la evaluación se realizó en el refrigerio escolar, sin considerar el consumo de la dieta total del día; y la falta de participación y disponibilidad de algunos padres de familia y profesores para realizar la evaluación de las mediciones antropométricas.

## CONCLUSIONES

El 49.4 % de los menores en formación escolar (8 a 11 años) consumían regularmente BA industrializadas, principalmente jugos y aguas saborizadas. El 24.1 % de toda la población estudiada presentó el factor de RCM (CC superior al percentil 90) y cerca de la mitad de ellos tenían el hábito de consumo de BA, pese a su incipiente obesidad, marcada por el diámetro de cintura y las campañas gubernamentales que buscan inducir el consumo de alimentos y BA más saludables. En esta etapa temprana se desarrollan los hábitos de vida, por lo que se recomienda mantener y mejorar los programas de enseñanza e intervención para inducir hábitos alimenticios saludables desde el inicio de su etapa escolar.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

Alemán-Castillo, S. E., Castillo-Ruiz, O., Bacardí-Gascón, M. y Jiménez-Cruz, A. (2019). Alimentos seleccionados por los padres para los refrigerios de sus hijos en etapa de educación básica en Reynosa, Tamaulipas. *CienciaUAT*, 14(1), 61-70.

Alemán-Castillo, S. E., Perales-Torres, A. L., González-Pérez, A. L., Ríos-Reyna, C., Bacardí-Gascón, M., Jiménez-Cruz, A. y Castillo-Ruiz, O. (2022). Intervención para modificar hábitos alimentarios en los refrigerios de escolares de una ciudad fronte-

riza México/Estados Unidos. *Global health promotion*, 29(3), 178-187. <https://doi.org/10.1177/17579759211062134>

Almeida-Perales, C., Solano-Hernández, B. I., Ruíz-de-Chávez-Ramírez, D. y Franco-Trejo, C. S. (2022). Educación para un entorno alimentario escolar saludable. El caso de una primaria en Zacatecas, México. *Hacia la promoción de la salud*, 27(1), 176-187. <https://doi.org/10.17151/hpsal.2022.27.1.13>

Asís, M. R., Grande, M. D. C. y Román, M. (2019). Consumo de bebidas azucaradas en la alimentación escolares de la Ciudad de Córdoba, 2016-2017. *Revista Argentina de salud pública*, 10(39), 7-12. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-810X2019000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-810X2019000200007&script=sci_arttext)

Campos-Ramírez, C., Palacios, J., Anaya-Loyola, M. A. y Ramírez-Amaya, V. (2019). Los factores de la teoría de la conducta planeada relacionados con el patrón de consumo de bebidas endulzadas en jóvenes universitarios. *Revista chilena de nutrición*, 46(3), 319-327. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000300319>

Cantú-Martínez, P. C., Villarreal-Arce, M. E. y Vázquez-Pérez, C. (2020). Estudio prospectivo de la ingesta de agua y bebidas azucaradas en pre-escolares, escolares y adolescentes. En P. C. Cantú-Martínez (Ed.), *Bienestar y salud social* (pp. 347-353). Editorial universitaria UANL.

Caravalí-Meza, N. Y., Jiménez-Cruz, A. y Bacardí-Gascón, M. (2016). Estudio prospectivo sobre el efecto del consumo de bebidas azucaradas sobre la obesidad en un periodo de 12 meses en mexicanos de 15 a 19 años. *Nutrición hospitalaria*, 33(2), 270-276. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.102>

De-la-Cruz, L. y Garduño, J. (2021). Bebidas azucaradas: la batalla contra el sobrepeso y la obesidad en México. *Revista digital universitaria*, 22(3).

DOF, Diario Oficial de la Federación (2013). Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/138258/NOz-043-servicios-basicos-salud-educacion-alimentaria.pdf>. Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2023.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA2-2015, Para la

atención a la salud del grupo etario de 10 a 19 años de edad. [En línea]. Disponible en: [http://www.comego.org.mx/normatividad/nom\\_047\\_ssa2.pdf](http://www.comego.org.mx/normatividad/nom_047_ssa2.pdf). Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2023.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2017). Ley General de protección de datos personales en posesión de sujetos obligados. [En línea]. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPDPPSO.pdf>. Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2023.

Eny, K. M., Jeyakumar, N., Dai, D. W., Maguire, J. L., Parkin, P. C., Birken, C. S., & TARGet Kids! Collaboration (2020). Sugar-containing beverage consumption and cardiometabolic risk in preschool children. *Preventive medicine reports*, 17, 101054. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2020.101054>

Fernández, J. R., Redden, D. T., Pietrobelli, A., & Allison, D. B. (2004). Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. *The Journal of pediatrics*, 145(4), 439-444. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.06.044>

Gallardo, D. H., Moreno, R. A., Girela, D. L., Plúa, D. C. M., Cotelo, J. J. B., & Manrique, M. L. (2021). Condición nutricional y hábitos alimentarios en estudiantes universitarios de Manabí, Ecuador. *Revista española de nutrición comunitaria= Spanish journal of community nutrition*, 27(1), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7855078>

Gómez-Miranda, L. M., Briones-Villalba, R. Á., Ortiz-Ortiz, M., Aburto-Corona, J. A., Bonilla, D. A., Pozos-Parra, P., Espinoza-Gutiérrez, R., Calleja-Núñez, J. J., Moncada-Jimenez, J., & Hernández-Lepe, M. A. (2022). Association between Body Mass Index with Sugar-Sweetened and Dairy Beverages Consumption in Children from the Mexico-USA Border. *International journal of environmental research and public health*, 19(11), 6403. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116403>

Hernández, R. J., Moncada, E. O. M. y Domínguez, Y. A. (2018). Utilidad del índice cintura/cadera en la detección del riesgo cardiometabólico en individuos sobrepesos y obesos. *Revista cubana de endocrinología*, 29(2), 1-16. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-29532018000200007&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-29532018000200007&script=sci_arttext&tlng=pt)

Jiménez-Aguilar, A., Muñoz-Espinosa, A., Rodríguez-Ramírez, S., Maya-Hernández, C., Gómez-Humarán, I. M., Uribe-Carvajal, R., Salazar-Coronel, A.,

- Sachse-Aguilera, M., Veliz, P. y Shamah-Levy, T. (2021). Consumo de agua, bebidas azucaradas y uso de bebederos en secundarias del Programa Nacional de Bebederos Escolares de la Ciudad de México. *Salud pública de México*, 63(1), 68-78. <https://doi.org/10.21149/11023>
- Kartini, E., Dieny, F. F., Murbawanni, E. A., & Tsani, A. F. A. (2018). Intake of sugar-sweetened beverage and metabolic syndrome components in adolescents. In International Seminar on Public Health and Education 2018 (ISPHE 2018). *Atlantis press*, 18-22. <https://doi.org/10.2991/isphe-18.2018.5>
- Lamos, D. A., Díaz, L. N. M., Sánchez, M. A. V. y Girón, J. M. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Tecnura*, 22(57), 55-68. <https://doi.org/10.14483/22487638.12178>
- Li, S., Cao, M., Yang, C., Zheng, H., & Zhu, Y. (2020). Association of sugar-sweetened beverage intake with risk of metabolic syndrome among children and adolescents in urban China. *Public health nutrition*, 23(15), 2770-2780. <https://doi.org/10.1017/S1368980019003653>
- Loh, D. A., Moy, F. M., Zaharan, N. L., Jalaludin, M. Y., & Mohamed, Z. (2017). Sugar-sweetened beverage intake and its associations with cardiometabolic risks among adolescents. *Pediatric obesity*, 12(1), e1-e5. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12108>
- Machado, K., Teylechea, P., Bermúdez, A., Lara, J., Geymonat, M., Girardi, F., García M., Vecchio, S. y Pérez, C. (2018). Consumo de bebidas en niños de cuarto año escolar y su relación con sobrepeso-obesidad. *Archivos de pediatría del Uruguay*, 89, 26-33. <https://doi.org/10.31134/ap.89.s1.3>
- Moreno, G. M. I. (2010). Circunferencia de cintura: una medición importante y útil del riesgo cardiometabólico. *Revista chilena de cardiología*, 29(1), 85-87. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-85602010000100008>
- Obando, A. A. V. (2019). Bebidas azucaradas y su importancia en la legislación ecuatoriana. *Vision empresarial*, (9), 95-104. <https://doi.org/10.31134/ap.89.s1.3>
- Qin, Z., Xu, F., Ye, Q., Zhou, H., Li, C., He, J., Wang Z., Hong X., & Hou, X. (2018). Sugar-sweetened beverages and school students' hypertension in urban areas of Nanjing, China. *Journal of human hypertension*, 32(6), 392-396. <https://www.nature.com/articles/s41371-018-0030-9>
- Ramírez-Vélez, R., Fuerte-Celis, J. C., Martínez-Torres, J. y Correa-Bautista, J. E. (2017). Prevalencia y factores asociados al consumo de bebidas azucaradas en escolares de 9 a 17 años de Bogotá, Colombia: Estudio FUPRECOL. *Nutrición hospitalaria*, 34(2), 422-430. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.250>
- Ríos-Reyna, C., Castillo-Ruiz, O., Díaz-Ramírez, G., Almanza-Cruz, O., Vázquez-Nava, F. y Alemán-Castillo, S. E. (2022a). Efecto de una intervención nutricional en el consumo de alimentos en escolares de educación básica de Reynosa, Tamaulipas, México. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 72(3), 154-162. <https://doi.org/10.37527/2022.72.3.001>
- Ríos-Reyna, C., Díaz-Ramírez, G., Castillo-Ruiz, O., Pardo-Buitimea, N. Y. y Alemán-Castillo, S. E. (2022b). Políticas y estrategias para combatir la obesidad en Latinoamérica. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 60(6), 666.
- Robelto, G. E., Mantilla, G. C., Olaya, G., Fonseca, M. F., Herrera, Á. V. y Otálora, M. C. (2022). Determinantes del consumo de bebidas azucaradas y estrategias de intervención relacionadas con su ingesta. Una revisión de enfoque. *Universitas medica*, 63(1), 124-138. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.um.ed63-1.azuc>
- Sánchez, P. E. R. y López, V. G. C. (2020). Las bebidas azucaradas y su efecto en la salud infantil. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Cilia/publication/353305493\\_Las\\_bebidas\\_azucaradas\\_y\\_su\\_efecto\\_en\\_la\\_salud\\_infantil/links/60f259450859317dbdea40d7/Las-bebidas-azucaradas-y-su-efecto-en-la-salud-infantil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Cilia/publication/353305493_Las_bebidas_azucaradas_y_su_efecto_en_la_salud_infantil/links/60f259450859317dbdea40d7/Las-bebidas-azucaradas-y-su-efecto-en-la-salud-infantil.pdf). Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2023.
- Sandoval, R. C., Roche, M., Belausteguigoitia, I., Alvarado, M., Galicia, L., Gomes, F. S. y Paraje, G. (2021). Impuestos selectivos al consumo de bebidas azucaradas en América Latina y el Caribe. *Revista panamericana de salud pública*, 45. <https://doi.org/10.26633/2FRPSP.2021.124>
- Sang, III, C. J., de-Visser, R., Krallman, R., Pai, C. W., Montgomery, D., Moser, C. A., & Jackson, E. A. (2023). Cardiometabolic Risk and Dietary Behaviors in Middle-School Children Consuming School-Sourced Lunch. *Academic pediatrics*. 23(8), 1605-1613. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2023.07.018>
- Senthilnathan, S. (2019). Usefulness of correlation analysis. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/rbelio/Downloads/ssrn-3416918%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/rbelio/Downloads/ssrn-3416918%20(1).pdf). Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024.

Smirk, E., Mazahery, H., Conlon, C. A., Beck, K. L., Gammon, C., Mugridge, O. y von-Hurst, P. R. (2021). Consumo de bebidas azucaradas entre niños neozelandeses de 8 a 12 años: un estudio transversal de fuentes y asociados/correlaciones de consumo. *Salud pública de BMC*, 21(1), 1-13. <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-021-12345-9>

Smith, L. H. y Baumker, E. (2019). Comportamientos de bebidas azucaradas de niños en edad escolar de Tennessee: ¿Cómo se comparan los informes de padres e hijos en días escolares y días no escolares? *Revista de especialistas en enfermería pediátrica*, 24(1), e12231. <https://doi.org/10.1111/jspn.12231>

Torres-Álvarez, R., Barrán-Zubaran, R., Canto-Osorio, F., Sánchez-Romero, L. M., Camacho-García-Formentí, D., Popkin, B. M., Rivera, J. A., Meza, R., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2020). Body weight impact of the sugar-sweetened beverages tax in Mexican children: A modeling study. *Pediatric obesity*, 15(8), e12636. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12636>

Villagra, M., Meza, E. y Villalba, D. (2020). Intervención Educativa-Nutricional sobre hábitos alimentarios aplicada a escolares de Asunción, Paraguay. *Memorias del instituto de investigaciones en ciencias de la salud*, 18(2), 63-73. <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2020.018.02.63>

Vos, M. B., Kaar, J. L., Welsh, J. A., Van-Horn, L. V., Feig, D. I., Anderson, C. A., & Johnson, R. K. (2017). Added sugars and cardiovascular disease risk in children: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 135(19), e1017-e1034. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000439>

Zhang, T., Au-Yeung, S. L., Kwok, M. K., Hui, L. L., Leung, G. M., & Schooling, C. M. (2020). Association of sugar-sweetened beverage frequency with adiposity: Evidence from the "Children of 1997" Birth cohort. *Nutrients*, 12(4), 1015. <https://doi.org/10.3390/nu12041015>

Imagen tomada de: [freepik](https://www.freepik.com)

# Acceso y uso de tecnologías digitales durante la pandemia de COVID-19: experiencia de estudiantes de primaria con discapacidad

## Access and use of digital technologies during the COVID-19 pandemic: experience of primary school students with disabilities

María Consuelo Lemus-Pool\*, César Bárcenas-Curtis, Arely Socorro Millán-Orozco

### RESUMEN

En México, durante la contingencia por la pandemia de COVID-19, las personas con discapacidad enfrentaron diversas dificultades en el rubro educativo. El objetivo de este trabajo fue describir las características y problemáticas en el acceso y uso de tecnologías digitales que, durante las clases en línea del ciclo escolar 2020-2021, refirieron familiares que acompañaron a estudiantes de nivel primaria con diversas discapacidades, inscritos en diferentes tipos y modelos de escuela, en el contexto del sur de Tamaulipas. Se aplicaron 93 cuestionarios a cuidadores de estudiantes de nivel primaria con discapacidad. Sus respuestas se analizaron desde una perspectiva cuantitativa descriptiva. Los resultados muestran que todos contaron con al menos un dispositivo tecnológico para las clases en línea, siendo el celular el recurso más frecuente (100 %) y conexión a internet en el hogar a través de datos móviles (97 %). Las principales herramientas de mediación fueron el uso de libros de texto, cuadernillos o fotocopias (72 %) y el uso de plataformas y aplicaciones (Google Classroom y/o Meet, Teams, Zoom o Whatsapp) (69 %). Sin embargo, no contaron con una planeación de accesibilidad y se subutilizaron los recursos del programa gubernamental Aprende en Casa, con un uso reportado del 3 % de la página web y del 2 % de los programas de radio y televisión. Las escuelas públicas exclusivas para personas con discapacidad (Centros de Atención Múltiple, CAM) fueron las que menos mediaciones tecnológicas aplicaron, y las que impartieron clases de forma menos regular. Existió un campo de oportunidad en la capacitación para el empleo más intensivo de aplicaciones y herramientas de accesibilidad que facilitarían el proceso de apropiación tecnológica, de acuerdo con el tipo de discapacidad. Durante la pandemia, la implementación de educación a distancia presentó diferencia en su alcance y eficacia, afectando a grupos vulnerables.

**PALABRAS CLAVE:** brecha digital, COVID-19, discapacidad, educación básica, clases en línea.

### ABSTRACT

In Mexico, during the contingency due to the COVID-19 pandemic, people with disabilities faced various difficulties in the educational field. The objective of this work was to describe the characteristics and problems in the access and use of digital technologies that, during the online classes of the 2020-2021 school year, were reported by relatives who accompanied primary-level students with various types of disabilities enrolled in schools with different learning approaches, in the context of southern Tamaulipas. 93 questionnaires were applied to caregivers of primary students with disabilities. Their responses are analyzed from a descriptive quantitative perspective. Results show that every student had at least one technological device for online classes, with the cell phone being the most frequent resource (100 %) and internet connection at home through mobile data (97 %). The main mediation tools were the use of text books, booklets, or photocopies (72 %) and the use of platforms and apps (Google Classroom or Meet, Teams, Zoom and Whatsapp) (69 %). However, they did not have accessibility planning, and the resources of the Learn at Home government program were underutilized with a reported use of 3 % of the web page and 2 % of radio and television programs. Public schools exclusively for people with disabilities (Multiple Attention Centers, CAM) were the ones that applied the least technological mediation, and those that taught classes on a less regular basis. There was a field of opportunity in training for a more intensive use of accessibility applications and tools that facilitate the process of technological appropriation, according to the type of disability. During the pandemic, the implementation of distance education presented differences in its scope and effectiveness, affecting vulnerable groups.

**KEYWORDS:** digital divide, COVID-19, disability, primary education, online classes.

\*Correspondencia: [clemus@docentes.uat.edu.mx](mailto:clemus@docentes.uat.edu.mx)/Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2023/Fecha de aceptación: 22 de mayo de 2024/Fecha de publicación: 7 de junio de 2024.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Centro Universitario Sur, boulevard Adolfo López Mateos s/n, col. Universidad, Tampico, Tamaulipas, México, C. P. 89336.

## INTRODUCCIÓN

El acceso y uso de las tecnologías digitales es una pieza fundamental del sistema social (Fuchs, 2023), sin embargo, estos procesos se desarrollan en un complejo entramado de factores y situaciones de exclusión, relacionados con la inequidad económica (van-Deursen y van-Dijk, 2019) y la falta de políticas públicas que faciliten el acceso universal a dichas tecnologías (Llanga-Vargas y col., 2023), pero también de variables como el género, la edad (Pérez-López, 2023), nivel de escolarización (Song y col., 2019), la urbanización de las localidades y la raza (Martínez-Domínguez y Mora-Rivera, 2020). Por lo anterior, el ámbito escolar es de relevancia para identificar las situaciones estructurales que limitan el acceso y uso significativo de la tecnología (Serrano-Cinca y col., 2018; UNESCO, 2020; Espejo-Villar y col., 2022), con el fin de facilitar condiciones que permitan equilibrar estas brechas digitales y favorecer la apropiación social de dichas herramientas.

Se han propuesto indicadores para entender las diferencias en el acceso y uso tecnológico, relacionados con el ámbito físico y material de la tecnología, la aplicación de habilidades y estrategias de usabilidad, así como experiencias de navegación (Scheerder y col., 2017). Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) señala que existen estudios que presentan una serie de dimensiones para comprender la complejidad en la que se inserta el uso de la tecnología, en los que se pone acento en la brecha económica, de participación, cognitiva e informacional (UNESCO, 2020).

La pandemia de COVID-19, a nivel mundial, fue un parteaguas que puso en evidencia la urgente necesidad de atender la brecha digital (Beltrán, 2023). En un estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la UNESCO (CEPAL y UNESCO, 2020), a partir de la información

recolectada sobre la política educativa de los 33 países de América Latina y el Caribe, hasta el 7 de julio de 2020, se constató que la suspensión de las clases presenciales, en todos los niveles educativos, interrumpió las trayectorias educativas por el cierre de las escuelas, y la formación a distancia que se implementó, se caracterizó por: “un acceso desigual a conexiones a internet, que se traduce en una distribución desigual de los recursos y las estrategias, lo que afectó principalmente a sectores de menores ingresos o mayor vulnerabilidad” (p. 4).

La UNESCO (2021) documentó también que las personas con discapacidad, durante la pandemia, se encontraron entre las comunidades más afectadas, no únicamente por las limitaciones de acceso a la tecnología y una pobre conectividad, sino que se adicionaron los siguientes elementos: 1) desconocimiento de sus necesidades en las distintas plataformas de enseñanza en línea (Sakarneh, 2021); 2) carencia de materiales educativos con características de accesibilidad para su aprendizaje (Oviedo-Cáceres y col., 2021); 3) ausencia de competencias entre estudiantes, profesores y cuidadores para proporcionar apoyo técnico-pedagógico para cada discapacidad en los procesos de educación en línea (Bonilla-del-Río y col., 2018a; Averett, 2021; McMaughan y col., 2021; Troxler, 2021); 4) pobre nivel de acompañamiento para desarrollar procesos de alfabetización digital específicos para cada discapacidad (Bonilla-del-Río y col., 2018b; Bonilla-del-Río y Sánchez-Calero, 2022).

En el caso de México, en el ciclo escolar 2020-2021, un aproximado de 33 millones de estudiantes de educación básica de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021a), durante la contingencia sanitaria por la pandemia de la COVID-19, experimentaron una serie de afectaciones y limitaciones en el periodo de confinamiento. Ante el cierre de actividades de manera presencial, en este nivel educativo se estableció una estrategia de corte multimodal, propuesta por la Secretaría de Educación Públi-

ca (SEP), para continuar con el ciclo escolar mediante un programa denominado “Aprende en Casa”, basado en los principios de educación a distancia (Baptista-Lucio y col., 2020). Dicha iniciativa incluyó estrategias como la retransmisión televisiva de programas diseñados para cada grado y ciclo escolar, programas radiofónicos, libros de texto digitales gratuitos y cuadernillos de trabajo, así como contenidos en línea dentro del micrositio web Aprende en Casa, una línea telefónica de acompañamiento y asesoría psicológica denominada EDUCATEL, como describe el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2021).

En lo que respecta a las evaluaciones oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), no se encuentra disponible información relacionada con las condiciones, características y problemáticas que enfrentó la población con discapacidad del nivel básico durante esta etapa (INEGI, 2021b). La información sobre este punto resulta relevante, puesto que, además de ser un grupo vulnerable, la literatura existente expone que estos alumnos tienen hasta tres veces menos probabilidades de continuar su formación, permanecer en ella y superar los diversos grados escolares frente a los alumnos sin discapacidad (Leal-Filho y col., 2021). Dicha situación se agrava si son mujeres, como señala el Banco Mundial (2019), si provienen de un contexto rural (Easop, 2022) o son integrantes de un grupo indígena (Neece y col., 2020). A partir de un reporte de la UNESCO (2021: 3), se establece que, al menos el 25 % de los niños se encuentran excluidos de los servicios educativos en países de ingresos por debajo de la media y se estima que, al menos el 50 % de los menores con discapacidad se ven excluidos de la educación en países con bajos y medios recursos, existiendo contextos en los que la cifra de exclusión es cercana al 90 %. Por otra parte, son más frecuentes las estadísticas de acceso y uso de tecnologías durante las clases en línea de los estudiantes de educación superior, que de los edu-

candos de nivel básico (Niño-Carrasco y col., 2021), y si se añade la variable discapacidad, este tipo de estudios son casi inexistentes.

Es necesario considerar que, al momento de delimitar personas con discapacidad se está abordando una categoría muy heterogénea. En México, el INEGI (2021a) plantea que existen cuatro grandes grupos: 1) sensoriales y de la comunicación, que incluyen como subtipos las limitantes para ver, oír hablar, de comunicación y comprensión del lenguaje; 2) motrices, que contemplan restricciones en las extremidades inferiores y superiores; 3) mentales, que incluye las barreras intelectuales y conductuales, así como 4) las discapacidades múltiples, cada uno con diversas subclasificaciones y niveles de funcionalidad. Sin embargo, tal como establece la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023): “la discapacidad es un rango de aplicación universal de los seres humanos y no un identificador único de un grupo social” (p. 15), esto implica que la limitación en el ámbito corporal, personal o social, asociado a alguna condición, manifiesta un estado de salud o de funcionalidad, pero nunca, se debe generalizar la deficiencia a una identidad social. Además, es importante considerar que, la población de estudiantes con discapacidad está en interacción con la población sin discapacidad en las escuelas regulares, pero también está inscrita en centros educativos especializados, y que no es posible hablar de un grupo social, ni de una identidad homogénea.

El objetivo de este estudio fue describir las condiciones, características y problemáticas en el acceso y uso de tecnologías digitales que, durante las clases en línea del ciclo escolar 2020-2021, refirieron familiares que acompañaron a estudiantes de nivel primaria con diversas discapacidades, inscritos en diferentes tipos y modelos de escuela, en el contexto del sur de Tamaulipas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio con diseño no-experimental, transeccional, de tipo retrospectivo (Bravo-

Mancero, 2022), ya que el alcance de las preguntas efectuadas tuvo como finalidad la evocación de condiciones, experiencias, valoraciones y percepciones que las y los cuidadores de estudiantes de primaria con discapacidad tuvieron al enfrentar el ciclo escolar cursado durante el confinamiento a causa del COVID-19 (24 de agosto de 2020 a 9 de julio de 2021) (SEP, 2020) en el contexto del sur de Tamaulipas, previo al levantamiento de los datos (mayo de 2022). Las respuestas se analizaron desde una perspectiva cuantitativa descriptiva.

### Muestreo

Se desarrolló una muestra aleatoria, mediante conveniencia, sin seguir criterios probabilísticos ni representativos poblacionalmente (Bravo-Mancero, 2022). Se utilizó la técnica de bola de nieve para localizar a familias que tuvieran estudiantes con discapacidad, del nivel de educación primaria, las cuales, a su vez, sirvieron de enlace con otras familias, con hijos en el mismo salón o de alumnos que conocían de otras escuelas. La técnica de muestreo por bola de nieve es un procedimiento en el cual un pequeño grupo de contactos iniciales designan a los próximos participantes del estudio, a través de personas de su red social con las que comparten algún rasgo o característica en común. La muestra crece progresivamente a partir de estas recomendaciones en cadena hasta alcanzar el tamaño de muestra suficiente (Bravo-Mancero, 2022).

Los criterios de inclusión fueron: 1) ser mayores de edad; 2) fungir como padres, madres, tutores o cuidadores de uno o varios estudiantes con discapacidades sensoriales y de la comunicación, motrices, mentales o una combinación de las anteriores (múltiples) (INEGI, 2021a), inscritos en escuelas regulares públicas y privadas de educación básica, y Centros de Atención Múltiple (CAM); 3) residir en los municipios de Tampico, Ciudad Madero o Altamira, Tamaulipas, México, para acotar geográficamente el estudio; 4) haber sido partícipe del proceso de clases a distancia del estudiante en varias o la mayoría de las clases recibidas durante la pandemia por

COVID-19 (ciclo escolar 2020-2021) y; 5) contar con el tiempo para participar en el estudio.

Se trabajó con 93 participantes en el estudio: 69 mujeres y 24 hombres. Sus opiniones representan la experiencia de 29 niñas y 64 niños, que durante la pandemia tenían entre 6 años y 15 años, con una edad media de 9.2 años. En la Tabla 1 se describe el tipo y modelo de escuela y municipio de los estudiantes que forman la muestra analizada.

Respecto al tamaño de muestra y su representatividad, es importante considerar que establecer un marco muestral de los estudiantes de nivel primaria con discapacidad es complejo. En primer lugar, el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020) ofrece la cantidad de personas con discapacidad por grupo quinquenal. En Tamaulipas, se registró que, 11 536 personas de entre 5 y 14 años presentaban esta condición, rango que se aproxima a la edad promedio de estudiantes de nivel primaria.

Por otra parte, durante el ciclo escolar 2020-2021, en esta misma entidad federativa estuvieron habilitadas 2 355 escuelas de nivel primaria, siendo 2 032 de tipo público y 323 de tipo privado; la matrícula de estudiantes de nivel primaria total fue de 369 492 alumnos, de los cuales, 335 468 estudiaron en una escuela pública y 34 024 en escuelas privadas (SET, 2021). En las escuelas regulares se inscriben estudiantes en un rango de edad que va de 5 años a 12 años y, dependiendo el tipo de la discapacidad y sus limitantes, cada institución admite en su matrícula a menores con discapacidad de múltiples tipos. En estos casos, las escuelas de tipo público, cuentan con las Unidades de Servicios de Apoyo a la Educación Regular (USAER), las cuales brindan apoyo técnico, metodológico y conceptual para la atención de alumnos con discapacidad y barreras de aprendizaje (Gobierno de México, s.f.).

Adicionalmente, los estudiantes que presentan discapacidad severa, múltiple o trastor-

■ **Tabla 1. Adscripción de los estudiantes a los diferentes tipos y modelos de instituciones educativas.**  
 Table 1. Affiliation of students in the different learning approaches of educational institutions.

Tipo y modelo de escuela	Nombre de la escuela	Municipio	Número de estudiantes
Privada* (n = 27)	Colegio Ebenezer	Tampico	4
	Instituto Panamericano de Tampico		3
	Colegio Águila		2
	Colegio Felix de Jesús Rougier		4
	Colegio El Roble	Ciudad Madero	4
	Colegio Valladolid	Madero	5
	Colegio Santander	Altamira	2
	Instituto Educativo Cultural Jean Piaget		3
Pública* (n = 26)	Escuela Primaria “Herman Harris Fleishman”	Tampico	1
	Escuela Primaria “Granja Club de Leones”		3
	Escuela Primaria “Gabino Barreda”		3
	Escuela Primaria “Profr. Carlos Riestra Rodríguez”	Ciudad Madero	4
	Escuela Primaria “José Guadalupe Martínez Mireles”		2
	Escuela Primaria “La Corregidora”		1
	Escuela Primaria “Gral. Vicente Guerrero”		3
	Escuela Primaria “Emiliano Zapata”	Altamira	4
	Escuela Primaria “Prof. María Guadalupe Jaime Garza”		2
	Escuela Primaria “Expropiación Petrolera”		3
Centro de Atención Múltiple** (CAM) (n = 40)	Centro de Atención Múltiple “Lidia Mendoza Gamboa”	Tampico	12
	Centro de Atención Múltiple “Profa. Luz Esthela Céspedes García”	Ciudad Madero	11
	Centro de Atención Múltiple “Samuel Ramos Magaña”	Altamira	17
<b>Total</b>			<b>93</b>

\*Inclusiva  
 \*\*Exclusiva

nos generalizados del desarrollo pueden acceder a procesos escolarizados a través de los CAM, que trabajan con estudiantes hasta los 18 años de edad. Estas escuelas fueron implementadas como parte de los servicios de educación especial de la SEP de México, porque sus estudiantes no pueden cursar el currículo regular, ya que requieren ajustes específicos o permanentes en él (Gobierno de México, s.f.). En este caso, en Tamaulipas se matricularon 4 803 alumnos en 63 escuelas de los CAM en el periodo de este análisis (SET, 2021).

**Instrumento**

La aplicación del cuestionario fue cara a cara, a través de un diálogo de entrevista estructu-

rada con el adulto que estuvo a cargo del menor durante las clases en línea.

A partir de la revisión de literatura, se observó que existen escasas referencias para documentar la experiencia educativa de los estudiantes con discapacidad durante las clases a distancia en el reciente periodo de confinamiento por la pandemia de COVID-19 en México, por lo que para la construcción y diseño del instrumento se tomaron como referencia estudios de personas sin discapacidad, que incluían variables para la medición del acceso y uso de tecnologías digitales en los hogares. En primer lugar, se utilizaron los indicadores de disponibilidad de tecnología en el hogar del INEGI (2022). En segundo lugar,

se revisó la caracterización de las mediaciones tecnológicas empleadas en la evaluación de CONEVAL (2021), para la descripción de la experiencia educativa a distancia que implementaron las y los cuidadores. Mientras que, las problemáticas de continuidad de las clases a distancia se basaron en las que se documentaron a nivel nacional por Baptista-Lucio y col. (2020). Para finalizar, en cuanto a las herramientas de accesibilidad audiovisual, se incluyeron en el cuestionario las que mencionan los trabajos de Bonilla-del-Río y col. (2018a; 2018b).

El instrumento desarrollado fue un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas, con un diseño propio que se validó mediante pares expertos (Bravo-Mancero, 2022), siendo tres del campo de la comunicación, uno de trabajo social y una docente especialista en educación especial de CAM.

En la Tabla 2, se muestran los reactivos que se consideraron idóneos para esta prueba. Las preguntas abiertas se validaron mediante el jueceo de expertos, utilizando el coeficiente  $V$  de Aiken. Los ítems alcanzaron una  $V = 0.87$ , con un intervalo de confianza del 95 %. A las dos preguntas tipo Likert se les validó su consistencia interna con el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo valores de  $\alpha = 0.81$ .

Cabe destacar que, por la extensión de los resultados del trabajo, en este análisis únicamente se describen las secciones de datos generales, acceso a tecnologías digitales en el hogar y uso de mediaciones tecnológicas en el ciclo escolar 2020-2021. No se abordan las preguntas abiertas ni el análisis cualitativo que de ellas se generó.

### Análisis de resultados

Se aplicó estadística descriptiva, usando el programa IBM, paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences) versión 23. Todas las preguntas cerradas se codificaron tal cual figuran en el diseño del instrumento; únicamente el nivel socioeconómico se calculó a través del coeficiente de estratos,

siguiendo la metodología de la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación (AMAI, 2018), que establece siete estratos a partir del cálculo de un coeficiente que contempla ingresos, infraestructura, así como acceso a bienes y servicios: del más alto al más bajo se registran el AB, C+, C, C-, D+, D y E. En este trabajo, se agruparon como nivel alto las categorías AB y C+, nivel medio los estratos C, C- y D+, y como nivel bajo los correspondientes al D y E.

### Consideraciones éticas

En la investigación se respetó lo sugerido por la Declaración de Helsinki, la Sociedad Mexicana de Psicología (2010) y el Código ético de Asociación Americana de Psicología (APA, por sus siglas en inglés: American Psychological Association) (APA, 2020), en cuanto a la realización de investigaciones psicológicas con seres humanos, obteniendo consentimiento escrito de los participantes. El tratamiento de los datos anónimos y voluntarios se realizó de manera tal que se preservase el aspecto confidencial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de los 93 alumnos participantes, por el tipo y modelo de escuela se muestra en la Tabla 3. El 43 % de los alumnos asistían a algún CAM, que son escuelas públicas exclusivas para menores con discapacidad ( $n = 40$ ), las cuales se especializan en atender condiciones de discapacidad que no son candidatas para el ingreso a escuelas regulares (Gobierno de México, s.f.). El 28 % ( $n = 26$ ) de los estudiantes asistían a escuelas públicas regulares, debido a que el nivel de limitación aún es funcional o no implica trastornos cognitivos que le impidan alcanzar el desarrollo curricular. Dichas instituciones cuentan con financiamiento estatal o gubernamental para operar y en la misma aula conviven estudiantes con y sin discapacidad (SEP, 2023). Por otro lado, 29 % ( $n = 27$ ) asistían a escuelas privadas, que se caracterizan por el pago de los servicios educativos de manera directa a la institución educativa, y que, en algunas ocasiones, se encontró que

■ **Tabla 2. Indicadores del cuestionario aplicado.**  
 Table 2. Indicators of the applied questionnaire.

Dimensión	Variabes	Indicadores	Validación
<b>Preguntas cerradas</b>			
Datos generales: del(a) cuidador(a)	Sexo	Hombre o mujer según observación directa del encuestador(a).	V = 0.85
	Edad	Edad en años cumplidos.	V = 1
	Composición familiar	Número de integrantes de la familia y roles familiares.	V = 0.75
Datos generales: del menor	Sexo	Hombre o mujer.	V = 0.85
	Edad	Edad en años cumplidos.	V = 1
	Discapacidad que presenta	Clasificación del tipo de discapacidad del INEGI (2021a): Grupo 1, Discapacidades sensoriales y de la comunicación; Grupo 2, Discapacidades motrices; Grupo 3, Discapacidades mentales y Grupo 4, Discapacidades múltiples y otras.	V = 0.95
	Grado que cursó en el ciclo escolar 2020-2021	Año del grado cursado en la escuela primaria: de 1° a 6°.	V = 0.95
	Tipo de escuela	Pública o privada.	V = 1
	Modelo de escuela	Inclusiva o exclusiva.	V = 0.85
Nivel socioeconómico del hogar	Modelo de estimación con base en la Regla de la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación (AMAI, 2018).	Indicadores de escolaridad del jefe del hogar; número de baños, autos y cuartos para dormir de la vivienda; conexión a internet de banda ancha en el hogar; número de personas de 14 años o más que trabajan en el hogar.	V = 0.75
Acceso a TIC en el hogar	Disponibilidad de tecnologías en el hogar	Número de dispositivos en el hogar: computadora, celulares tipo smartphone, pantallas, tabletas, internet fijo y móvil.	V = 0.85
	Conectividad de tecnologías disponibles en el hogar	Tipo de internet fijo: fibra óptica, por cable, DSL, satelital, inalámbrico, fijo.	V = 0.95
		Tipo de internet móvil: prepago (recargas), postpago (planes fijos).	
		Tipo de acceso a internet: de navegación ilimitada y limitada o con tope de consumo de Mbps.	
Uso de TIC por el menor	Tipología de uso de plataformas digitales de INEGI (2022)	Tipología de INEGI (2022): comunicación, búsqueda de información, interacción en redes sociales, apoyo a la educación-capacitación, acceso a contenidos audiovisuales, lectura de libros, revistas o periódicos.	V = 0.75

Continúa...

Uso de mediaciones tecnológicas en el ciclo escolar 2020-2021	Tipo de mediación implementada por el docente	Catálogo elaborado por CONEVAL (2021): Programas de radio o televisión de Aprende en Casa, página web Aprende en Casa, videos de YouTube, chats de clase de WhatsApp, no tuvo clases, llamadas o mensajes de teléfono celular, libros de texto, cuadernillos o fotocopias, videollamadas (Zoom, Meet, Teams, etc).	V = 0.75
	Interferencias a las clases en línea por problemáticas con el acceso a dispositivos o Internet	Escala Likert: siempre, casi siempre, ocasionalmente, casi nunca y nunca.	V = 0.95 $\alpha = 0.81$
	Interferencias a las clases en línea por problemáticas con habilidades de uso de dispositivos o de solución a problemas técnicos	Escala Likert: siempre, casi siempre, ocasionalmente, casi nunca y nunca.	V = 0.95 $\alpha = 0.81$
	Herramientas de accesibilidad de la mediación tecnológica	Catálogo de herramientas accesibles con base en Bonilla-del-Río y col. (2018a; 2018b): lector de pantalla, sistemas de reconocimiento de voz, amplificador de pantalla y lupas, configuraciones de texto y efectos visuales, líneas de Braille o impresoras Braille, navegador sólo texto, filtros de teclado, aplicaciones especializadas (Be my Eyes, Look to Speak, InterSeña, Háblalo).	V = 0.95
Percepción del docente	Percepción de la preparación docente para la continuidad educativa en la modalidad a distancia	Escala Likert: completamente, siempre, algunas veces, pocas veces, nunca.	V = 0.95
<b>Preguntas abiertas</b>			
Evaluación cualitativa de las clases recibidas en el ciclo 2020-2021	Problemáticas que enfrentó la continuidad educativa a distancia	Descripción cualitativa y abierta. Transcripción textual de audios.	V = 0.95
	Atributos de la mediación tecnológica en el proceso de aprendizaje del estudiante	Técnica proyectiva de 3 adjetivos que resumieran el papel de la mediación empleada en el proceso de aprendizaje del estudiante.	V = 0.75
	Atributos de las clases a distancia recibidas	Técnica proyectiva de 3 adjetivos que resumieran su valoración general de las clases a distancia recibidas.	V = 0.75
Cierre	Propuestas de inclusión y accesibilidad en la escuela	Descripción cualitativa y abierta. Transcripción textual de audios.	V = 0.75
<b>Total</b>			<b>V = 0.87</b>

Nota: V corresponde al coeficiente V de Aiken con un intervalo de confianza al 95 %, entre 5 jueces expertos en el tema, usando una escala del 1 al 5, donde 1 era completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. Alfa ( $\alpha$ ) hace referencia al coeficiente alfa de Cronbach.

■ **Tabla 3. Distribución del nivel socioeconómico de los alumnos por tipo y modelo de escuela.**  
Table 3. Distribution of the socioeconomic level of students by learning approach.

Nivel socio económico (NSE)	(n)	Privada	Pública	CAM
Bajo	52	0	16	36
Medio	22	11	7	4
Alto	19	16	3	0
Total	93	27	26	40

la institución se promociona con personal especializado en la atención a ciertas discapacidades específicas, por ejemplo, en trastorno del espectro autista o alguna neurodiversidad (de acuerdo a la información de algunos participantes del estudio).

En cuanto al nivel socioeconómico y el tipo y modelo de escuela, los resultados muestran que un 20 % (n = 19) corresponde a familias de nivel alto, 24 % (n = 22) medio y 56 % (n = 52) bajo (Tabla 3). Este dato permite inferir que el tipo de escuela al que se asiste incide en el acceso que se tiene a las tecnologías digitales.

Según el tipo de discapacidad, sobresale que los hogares de los alumnos con discapacidades intelectuales, de las extremidades (infe-

riores y superiores), para ver y múltiples, son los que se clasifican en mayor proporción en el nivel socioeconómico bajo (Tabla 4).

#### Acceso a las tecnologías digitales en el hogar

En cuanto a la disponibilidad y conectividad de tecnologías digitales en el hogar, los dos principales recursos que tuvieron en común las familias participantes fueron los teléfonos celulares (100 % de disponibilidad) y la conexión a través de Internet móvil (con 97 %). Otras herramientas necesarias para las actividades escolares, como son la computadora (47 %) y el internet fijo (39 %), por sus características más robustas en el procesamiento de información o manipulación de archivos, estuvieron presentes en menos de la mitad de los hogares (Tabla 5).

■ **Tabla 4. Frecuencia de discapacidad por tipo y modelo de escuela y nivel socio económico.**  
Table 4. Frequency of disability by learning approach and socioeconomic level.

Tipo de discapacidad	(n = 93)	Tipo y modelo de escuela			Nivel socioeconómico		
		Privada* (n = 27)	Pública* (n = 26)	CAM** (n = 40)	Bajo (n = 52)	Medio (n = 22)	Alto (n = 19)
Para ver	8	3	1	4	4	2	2
Para oír	9	1	1	7	3	3	3
Para hablar	7	2	0	5	2	4	1
De comunicación y comprensión del lenguaje	2	0	0	2	0	0	2
De las extremidades inferiores y superiores	22	5	16	1	14	3	5
Intelectuales	28	10	3	15	21	6	1
Conductuales y otras mentales	10	5	3	2	4	1	5
Múltiples	7	1	2	4	4	3	0

\*Inclusiva

\*\*Exclusiva

■ Tabla 5. Disponibilidad y conectividad de tecnologías en el hogar según el nivel socioeconómico y el tipo y modelo de escuela.

Table 5. Availability and connectivity of technologies at home according to the socioeconomic level and by learning approach.

Tecnología	(n = 93)	Tipo y modelo de escuela			Nivel socioeconómico		
		Privada* (n = 27)	Pública* (n = 26)	CAM** (n = 40)	Bajo (n = 52)	Medio (n = 22)	Alto (n = 19)
Computadora	44	20	14	10	10	15	19
Celular	93	27	26	40	52	22	19
Tableta	11	9	2	0	0	1	10
Internet fijo	36	22	14	0	2	15	19
Internet móvil	90	27	26	37	49	22	19

\*Inclusiva

\*\*Exclusiva

Diversos estudios muestran que, este primer nivel de la brecha digital (referente al acceso físico o material de la tecnología a través de equipos de mayor nivel de procesamiento, como la computadora o las tabletas) fue un aspecto importante para garantizar la continuidad educativa durante pandemia (Baptista-Lucio y col., 2020; Niño-Carrasco y col., 2021; Contreras-Vizcaino y Gallegos, 2023), sin embargo, no fue un componente de la estrategia nacional de continuidad educativa del programa Aprende en Casa y tampoco hubo un programa homogéneo para dotar de computadoras o tabletas a los estudiantes de escasos recursos (CONEVAL, 2021).

Lo que sobresale en cuanto al acceso a las herramientas de información y comunicación en función del nivel socioeconómico de los hogares y el tipo y modelo de escuela a la que asistió el menor, es que los alumnos con un nivel socioeconómico alto y medio contaron con una mayor cantidad de dispositivos y calidad en la conectividad a la red, a diferencia de quienes se clasificaron en ingresos más bajos (Tabla 5), lo que coincide con estudios similares, donde el nivel socioeconómico de la familia resultó ser el factor principal para explicar el acceso a las TIC y a una conexión a Internet durante la etapa de confinamiento por COVID-19 (Beltrán, 2023).

El cruce por el tipo y modelo de escuela muestra también que las computadoras escasearon entre alumnos de escuelas públicas y sobre todo en los adscritos al CAM, siendo este último grupo el que no reportó conexiones a Internet fijo, ni tableta, por lo que desarrollaron su proceso de clases a distancia en su mayoría con dispositivos móviles como el teléfono celular. Las tabletas también fueron muy escasas en los estudiantes de escuelas públicas.

En cuanto a las características de los dispositivos de acceso y conectividad, según el tipo de discapacidad (Tabla 6), se encontró que pese a las diferencias de cada tipo y cada contexto, existen algunas características en común que se subrayan, como las condiciones del hogar de personas con discapacidades para hablar, para oír y para ver, al tener el menor porcentaje de computadoras reportadas. Y en el caso del internet, los hogares de personas con discapacidad para oír, para ver, intelectuales y para hablar, fueron quienes registraron el menor porcentaje de conexiones fijas a este recurso.

### Características de la mediación tecnológica de los recursos didácticos empleados

Cuando se aborda el uso de mediaciones tecnológicas para el aprendizaje se hace referencia a la amplia diversidad de recursos audio-

■ **Tabla 6. Disponibilidad y conectividad de tecnologías en el hogar según el tipo de discapacidad.**  
Table 6. Availability and connectivity of technologies at home according to type of disability.

Tipo de discapacidad	(n = 93)	Computadora (n = 44)	Celular (n = 93)	Tableta (n = 11)	Internet	
					Fijo (n = 36)	Móvil (n = 90)
Para ver	8	2	8	3	2	8
Para oír	9	3	9	2	2	9
Para hablar	7	2	7	0	2	7
De comunicación y comprensión del lenguaje	2	2	2	0	2	2
De las extremidades inferiores y superiores	22	15	22	3	13	22
Intelectuales	28	10	28	0	7	25
Conductuales y otras mentales	10	7	10	1	5	10
Múltiples	7	3	7	2	3	7

visuales e interactivos que es posible de encontrar en Internet, que van desde las propias plataformas educativas como Google Classroom o Teams y aplicaciones de videollamada y mensajería (como Zoom, Meet o WhatsApp), así como los implementados por el programa Aprende en Casa (Baptista-Lucio y col., 2020; CONEVAL, 2021).

En el tema de los múltiples recursos didácticos que, se emplearon en el ciclo escolar 2020-2021, los impresos, como libros de texto, cuadernillos o fotocopias (72 %), fueron los que más se utilizaron en la muestra estudiada (Tabla 7), en algunos casos combinadas con la plataforma virtual, pero, en otros casos como único recurso. Los CAM, fueron los únicos donde algunos alumnos no tuvieron clase de forma regular (43 % de este modelo de escuela) y también quienes aplicaron más recursos no tecnológicos, como libros de texto, cuadernillos o fotocopias (100 %).

La principal mediación tecnológica aplicada fue mediante plataformas y aplicaciones entre las que destacaron Zoom, las herramientas de Google (Classroom y/o Meet) o Teams (69 %), seguida de las llamadas telefónicas o men-

sajes (22 %) así como los chats de clase de WhatsApp (16 %). Así mismo, hubo en quienes no se aplicó ninguna mediación porque no se impartieron clases de forma regular (22 %).

Al analizar, el tipo de mediación implementada en cada tipo de escuela (Tabla 7) se identificó que, los estudiantes de las escuelas privadas fueron quienes tuvieron mayor presencia de mediaciones tecnológicas, pues en su totalidad impartieron clases a través de plataformas (100 %) y otros recursos didácticos de apoyo como videos de YouTube (25 %), chats de clase (36 %) o llamadas o mensajes de celular (36 %). En cambio, los estudiantes de primarias públicas, si bien tuvieron un importante seguimiento con mediación digital, como las plataformas de aprendizaje (79 %), se continuó usando de forma completa los recursos impresos (100 %).

Al analizar, el resultado en función del tipo de discapacidad del estudiante (Tabla 8), se encontró que los estudiantes con limitaciones de comunicación y comprensión de lenguaje no usaron mediaciones digitales, y los estudiantes con limitaciones para oír fueron quienes menos las usaron; ambos grupos avan-

■ **Tabla 7. Tipo de mediación implementada por el docente durante las clases en línea según el nivel socioeconómico del hogar y tipo y modelo de escuela.**

Table 7. Type of mediation implemented by the teacher during online classes according to the socioeconomic level of the home and learning approach.

Tipo de mediación	(n = 93)	Tipo y modelo de escuela			Nivel socioeconómico		
		Privada* (n = 28)	Pública* (n = 19)	CAM** (n = 46)	Bajo (n = 52)	Medio (n = 22)	Alto (n = 19)
Plataformas y aplicaciones (Google Classroom y/o Meet, Teams, Zoom)	64	28	15	21	23	22	19
Libros de texto, cuadernillos o fotocopias	67	2	19	46	46	19	2
Llamadas o mensajes de teléfono celular	20	10	3	7	4	6	10
No se aplicó ninguna porque no tuvo clases de forma regular	20	0	0	20	18	2	0
Chats de clase de WhatsApp	15	10	2	3	5	1	9
Videos de YouTube	14	7	2	5	3	3	8
Página web Aprende en Casa	3	0	1	2	2	1	0
Programas de radio o televisión de Aprende en Casa	2	0	0	2	1	1	0

\*Inclusiva

\*\*Exclusiva

zaron a través de libros de texto, cuadernillos o fotocopias. En el caso de los alumnos con discapacidad para oír y hablar, así como intelectuales, fueron quienes tuvieron menos clases de forma regular.

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de seguir investigando desde otros enfoques, como el establecer si los resultados encontrados pudieron deberse a las limitaciones específicas de cada discapacidad, a la falta de preparación docente para hacer las adecuaciones necesarias en el proceso de la educación en línea o los contextos propios de cada escuela o familia. No obstante, al igual que en estudios previos, en este caso, se identificó que el personal docente continuó trabajando con los recursos que tenía al alcance y las herramientas brindadas por cada escuela, sin lograr en todos los casos una transferencia exitosa a prácticas mediadas tecnológicamente (Baptista-Lucio y col., 2020; Belmontes y Magallanes, 2024).

Al igual, que lo señalado por Belmontes y Magallanes (2024), la complejidad del periodo de educación a distancia se dio no sólo por la falta de homogeneidad del diseño instruccional dentro del nuevo entorno virtual, sino por las limitaciones en las habilidades de uso de las mediaciones tecnológicas. Estos autores, al realizar una revisión de todos los países latinoamericanos determinaron que México no contó con un proyecto educativo integral que contemplara en primer lugar la brecha de acceso a los dispositivos, pero también la capacitación en cuanto a su uso pedagógico entre docentes, personal administrativo, así como para los cuidadores y los propios estudiantes.

#### Accesibilidad de la mediación tecnológica

Uno de los hallazgos más importantes de este trabajo es el escaso empleo de las herramientas de accesibilidad (como lectores de pantalla, interfaces con reconocimiento por voz, amplificadores de pantalla, configuración de

■ Tabla 8. Tipo de mediación implementada por el docente durante las clases en línea según el tipo de discapacidad.

Table 8. Type of mediation implemented by the teacher during online classes according to the type of disability.

Tipo de medición	(n = 93)	Tipo de discapacidad							
		Para ver (n = 19)	Para oír (n = 9)	Para hablar (n = 7)	De comunicación y comprensión del lenguaje (n = 22)	De las extremidades inferior y superior (n = 28)	Intelectuales (n = 28)	Conductuales y otras mentales (n = 10)	Múltiples (n = 7)
Plataformas y aplicaciones (Google Classroom y/o Meet, Teams, Zoom)	64	8	0	2	0	20	21	7	6
Libros de texto, cuadernillos o fotocopias	67	5	9	7	2	13	17	10	4
Llamadas o mensajes de teléfono celular	20	3	0	2	0	7	4	4	0
No se aplicó ninguna porque no tuvo clases de forma regular	20	0	8	5	0	0	7	0	0
Chats de clase de WhatsApp	15	3	1	0	0	6	3	2	0
Videos de YouTube	14	1	1	2	0	6	3	1	0
Página web Aprende en Casa	3	0	1	0	0	2	0	0	0
Programas de radio o televisión de Aprende en Casa	2	0	1	0	0	0	1	0	0

texto, líneas o impresoras en braille, navegadores web sólo texto, filtros teclado o aplicaciones especializadas) que se aplicaron a las mediaciones tecnológicas, en los casos que sí fueron implementadas en los estudiantes (n = 73, pues se excluyeron quienes no usaron mediaciones tecnológicas). Las pocas experiencias de uso de herramientas accesibles fueron gestionadas por familias de nivel socioeconómico alto y medio, y en su mayoría, en el contexto de escuelas privadas y públicas regulares. En los CAM, donde están los estudiantes con discapacidades más limitativas, el uso de estos recursos fue inexistente (Tabla 9).

En la literatura científica, se encontraron escasas referencias al uso de materiales didácticos entre personas con discapacidad. Una de ellas, fue la investigación de Torres-Acurio (2023), quien reportó también que los estudiantes con discapacidad manifiestan restricciones importantes en el uso de recursos

didácticos virtuales, por una falta de planeación en su accesibilidad, especialmente entre aquellos con limitaciones sensoriales. Sin embargo, en el presente estudio, las pocas experiencias de herramientas accesibles se dieron mayormente entre alumnos con discapacidad visuales y auditivas. Los que tenían limitaciones para ver utilizaron: lectores de pantalla (n = 1), líneas de impresora o en Braille (n = 1), así como configuraciones de tamaño de texto (n = 3). Los alumnos con discapacidad para oír, usaron lectores de pantalla (n = 1), reconocimiento por voz (n = 1) y plataformas especializadas (n = 1) (Tabla 10). Por otra parte, las aplicaciones especializadas como Be my Eyes, Look to Speak, InterSeña o Háblalo, fueron referidas por 4 personas, que acompañaban a alumnos con discapacidad para oír, para hablar, con discapacidad de las extremidades inferiores y superiores, así como con discapacidades múltiples.

■ **Tabla 9. Herramientas de accesibilidad de la mediación tecnológica según el nivel socioeconómico del hogar y tipo de escuela.**

Table 9. Accessibility tools for technological mediation according to the household socioeconomic level and learning approach.

Herramientas de accesibilidad	(n = 73)*	Tipo y modelo de escuela			Nivel socioeconómico		
		Privada** (n = 28)	Pública** (n = 19)	CAM*** (n = 26)	Bajo (n = 32)	Medio (n = 22)	Alto (n = 19)
Lector de pantalla	2	2	0	0	0	0	2
Reconocimiento por voz	3	2	1	0	0	1	2
Amplificador de pantalla	0	0	0	0	0	0	0
Configuración de texto	3	2	1	0	0	1	2
Líneas o impresora en Braille	1	1	0	0	0	0	1
Navegador sólo texto	0	0	0	0	0	0	0
Filtros teclado	0	0	0	0	0	0	0
Aplicaciones especializadas	4	3	1	0	0	1	3

\*Nota: se eliminaron 20 estudiantes porque no recibieron clases de forma regular a través de mediación tecnológica; \*\*Inclusiva, \*\*\*Exclusiva.

■ Tabla 10. Herramientas de accesibilidad de la mediación tecnológica según el tipo de discapacidad.  
Table 10. Accessibility tools for technological mediation according to type of disability.

Herramientas de accesibilidad	(n=73)*	Tipo de discapacidad							
		Para ver (n=8)	Para oír (n=1)	Para hablar (n=2)	De comunicación y comprensión del lenguaje (n=2)	De las extremidades inferiores y superiores (n=22)	Intelectuales (n=21)	Conductuales y otras mentales (n=10)	Múltiples (n=7)
Lector de pantalla	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Reconocimiento por voz	3	0	1	0	0	2	0	0	0
Amplificador de pantalla	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Configuración de tamaño de texto	3	3	0	0	0	0	0	0	0
Líneas o impresora en Braille	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Navegador sólo texto	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filtros teclado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aplicaciones especializadas	4	0	1	1	0	1	0	0	1

\*Nota: se eliminaron 20 estudiantes porque no recibieron clases de forma regular a través de mediación tecnológica.

## CONCLUSIONES

Los hallazgos de este trabajo sobre el acceso y uso de las tecnologías digitales empleadas para las clases en línea durante el ciclo escolar 2020-2021 que recibieron estudiantes con distintas discapacidades y contextos escolares en el sur de Tamaulipas, permitieron identificar la brecha digital existente, en cuanto al acceso a computadoras y red fija de internet en los alumnos inscritos en escuelas públicas regulares y en los CAM sobre todo, asociándose esto a un nivel económico bajo. Además, de que en los CAM, donde las discapacidades en general, tienen mayor limitaciones, no se dieron clases en forma regular en algunas instituciones donde estaban inscritos varios alumnos del presente es-

tudio. Este foco de atención de la brecha económica de acceso a los recursos tecnológicos, sigue vigente como parte importante de las limitantes a las oportunidades de apropiación social de la tecnología, por lo tanto, es imprescindible garantizar la infraestructura de acceso a través de las instituciones educativas. Los aspectos que se destacan se vinculan centralmente a fortalecer la planeación de la accesibilidad de los materiales y las mediaciones con las que interactúan los estudiantes de educación primaria. Esta dimensión de capacitación para el uso de las tecnologías digitales y la programación de su accesibilidad debe involucrar a docentes y estudiantes, pero también a las y los cuidadores, y brindarse a partir de elementos dife-

renciados según el tipo de discapacidad del educando. Entre las futuras líneas de investigación se plantea realizar estudios cuantitativos probabilísticos, con instrumentos estandarizados cuyos resultados sean susceptibles de generalizarse y estructurar indicadores más robustos para visibilizar las áreas prioritarias

de atención entre los estudiantes con discapacidad en el campo de la brecha digital.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- AMAI, Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado (2018). *Nivel Socio Económico AMAI 2018. Nota Metodológica*. [En línea]. Disponible en: <https://nse.amai.org/nse/>. Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.
- APA, American Psychological Association (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association* (Seventh edition). Washington: American Psychological Association. 428 Pp.
- Averett, K. H. (2021). Remote Learning, COVID-19, and Children with Disabilities. *AERA Open*, 7(1), 1-2.
- Banco Mundial (2019). Every Learner Matters: Unpacking the Learning Crisis for Children with Disabilities. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/31946>. Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.
- Baptista-Lucio, P., Almazán, A. y Loeza, C. A. (2020). Encuesta Nacional a Docentes ante el COVID-19. Retos para la educación a distancia. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 50, 41-88.
- Belmontes, A. y Magallanes, M. (2024). Educación a distancia: una pedagogía emergente reactiva durante el Covid-19. Caso: instituciones de nivel superior en Latinoamérica. *Revista de Investigación Educativa, Intervención Pedagógica y Docencia*, 2(1), 1-21.
- Beltrán, R. (2023). Brecha digital después de la pandemia. Indicadores de inclusión digital en el sector educativo. *Revista Innova Educación*, 5(2), 29-44.
- Bonilla-del-Río, M., García-Ruiz, R. y Pérez-Rodríguez, M. A. (2018a). La educomunicación como reto para la educación inclusiva. *EDMETIC. Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 66-85.
- Bonilla-del-Río, M. y Sánchez-Calero, M. L. (2022). Inclusión educativa en tiempos de COVID-19: Uso de redes sociales en personas con discapacidad intelectual. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(1), 141-161.
- Bonilla-del-Río, M., Valor, L. y García, R. (2018b). Alfabetización mediática y Discapacidad: Análisis documental de Literatura Científica en Web of Science (WOS) y Scopus. *Prisma Social*, 20, 1-20.
- Bravo-Mancero, J. A. (2022). *Investigación social en Comunicación: metodologías cuantitativa, cualitativa y participativa*. Chiapas, México: GCPI/UNACH. 189 Pp.
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe y UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020). La educación en tiempos de pandemia de COVID-19. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374075?posInSet=1&queryId=6606d041-e555-4f06-b4c4-42ea1b4153e9>. Fecha de consulta: 17 de marzo de 2024.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2021). Caracterización y análisis del diseño de la estrategia Aprende en Casa. [En línea]. Disponible en: [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/Documents/Informes/Caracterizacion\\_Aprende\\_Casa.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/Documents/Informes/Caracterizacion_Aprende_Casa.pdf). Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.
- Contreras-Vizcaino, J. y Gallegos, M. A. (2023). Educación en México en tiempos de pandemia: retos y perspectivas. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Easop, B. A. (2022). Education Equity During COVID-19: Analyzing In-Person Priority Policies for Students with Disabilities. *Stanford Law Review*, 74(1), 223-276.
- Espejo-Villar, L. B., Lázaro, L., & Álvarez, G. (2022). UNESCO Strategy and Digital Policies for Teacher Training: The Deconstruction of Innovation in Spain. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 11(1), 15.
- Fuchs, C. (2023). Digital Ethics. Media, Communication and society. Volume five. Routledge.
- Gobierno de México (s.f.). Educación Especial. [En línea]. Disponible en: [https://www.aefcm.gob.mx/que\\_](https://www.aefcm.gob.mx/que_)

hacemos/especial.html. Fecha de consulta: 22 de abril de 2024.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2020: *Tamaulipas*. [En línea]. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825198343.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198343.pdf). Fecha de consulta: 17 de marzo de 2024.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021a). Clasificación de Tipo de Discapacidad -Histórica. [En línea]. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion\\_de\\_tipo\\_de\\_discapacidad.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion_de_tipo_de_discapacidad.pdf). Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021b). Encuesta para la Medición del Impacto COVID-19 en la Educación (ECOVID-ED). Presentación de Resultados. [En línea]. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ECOVID-ED\\_2021\\_03.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ECOVID-ED_2021_03.pdf). Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2022. [En línea]. Disponible en: <https://inegi.org.mx/programas/dutih/2022/>. Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2023.

Leal-Filho, W., Wall, T., Rayman-Bacchus, L., Mifsud, M., Pritchard, D. J., Lovren, V. O., Farinha, C., Petrovic, S., & Balogun, A. L. (2021). Impacts of COVID-19 and social isolation on academic staff and students at universities: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 21(1), 1-19.

Llanga-Vargas, E. F., Andrade, C. E. y Guacho, M. E. (2023). Tensiones y consensos en torno a los fenómenos educación, tics y políticas públicas: reflexiones desde el saber y poder. *Cuestiones Políticas*, 41(77), 596-611.

Martínez-Domínguez, M. & Mora-Rivera, J. (2020). Internet adoption and usage patterns in rural Mexico. *Technology in Society*, 60, 101226.

McMaughan, D. J., Rhoads, K. E., Davis, C., Chen, X., Han, H., Jones, R. A., Mahaffe, C., & Miller, B. M. (2021). COVID-19 Related Experiences Among College Students with and Without Disabilities: Psychosocial Impacts, Supports, and Virtual Learning Environments. *Frontiers in Public Health*, 9(1), 1-13.

Neece, C., McIntyre, L. L., & Fenning, R. (2020).

Examining the impact of COVID-19 in ethnically diverse families with young children with intellectual and developmental disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 64(10), 739-749.

Niño-Carrasco, S. A., Castellanos-Ramírez, J. C. y Huerta-Domínguez, L. (2021). Implicaciones de la Covid-19 en la educación escolar; una revisión temprana de los artículos publicados en revistas académicas. *Nósis. Revista de Ciencias Sociales*, 30 (59), 20-40.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2023). Discapacidad. Datos y cifras. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>. Fecha de consulta: 17 de marzo de 2024.

Oviedo-Cáceres, M., Arias-Pineda, K. N., Yepes-Camacho, M. y Montoya, P. (2021). Covid-19 Pandemic: Experiences of People with Visual Impairment. *Investigación y Educación en Enfermería*, 39(1), 1-12.

Pérez-López, J. I. (2023). Brecha digital, género y derechos laborales. *Revista Internacional y Comparada de Relaciones Laborales y Derecho al Empleo*, 11(2), 361-383.

Sakarneh, M. A. (2021). The impact of COVID-19 and lockdown on families of students with special education needs. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(3), 1010-1020.

Scheerder, A., van-Deursen, A., & van-Dijk, J. (2017). Determinants of Internet skills, use and outcomes: A systematic review of the second- and third-level digital divide. *Telematics and Informatics*, 34(8), 1607-1624.

SEP, Secretaría de Educación Pública (2020). Educación Básica, en *Calendario Escolar 2020-2021*. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sep/documentos/calendario-escolar-2020-2021>. Fecha de consulta: 20 de agosto de 2023.

SEP, Secretaría de Educación Pública (2023). Guía para la inclusión digital de alumnos con discapacidad. [En línea]. Disponible en: [https://educacionsep.cesep.gob.mx/storage/recursos/2023/05/jStP5w65Dh-1Guia\\_inclusion\\_digital.pdf](https://educacionsep.cesep.gob.mx/storage/recursos/2023/05/jStP5w65Dh-1Guia_inclusion_digital.pdf). Fecha de consulta: 22 de abril de 2024.

Serrano-Cinca, C., Muñoz-Soro, J. F., & Brusca, I. (2018). A Multivariate Study of Internet Use and the Digital Divide. *Social Science Quarterly*, 99(4), 1409-1425.

SET, Secretaría de Educación de Tamaulipas (2021). Anuario de la Estadística Educativa del Es-

tado de Tamaulipas. Ciclo escolar 2020-2021. [Archivo PDF] [En Línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/666840627/anuario-estadistica-2020-2021>. Fecha de consulta: 05 de junio de 2024.

Sociedad Mexicana de Psicología (2010). Código ético del Psicólogo. Trillas.

Song, Z., Song, T., Yang, Y., & Wang, Z. (2019). Spatial-temporal characteristics and determinants of digital divide in China: A multivariate spatial analysis. *Sustainability*, 11(17), 13-15.

Torres-Acurio, J. (2023). Acceso a material didáctico digital e integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación durante el confinamiento por Covid 19 en estudiantes con discapacidad visual del departamento peruano de Puno. *Espacios en Blanco. Revista de Educación*, 1(34), 243-258.

Troxler, M. (2021). Student Note: Evaluating the Impact of the COVID-19 Pandemic on Students with Disabilities. *Journal of Law and Education*, 50(2), 362-389.

UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2020). Inclusion and Education: all means all. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374817>. Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.

UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2021). Understanding the impact of COVID-19 on the education of persons with disabilities: Challenges and opportunities of distance education Policy Brief. [En línea]. Disponible en: <https://iite.unesco.org/publications/the-impact-of-covid-19-on-the-education-of-persons-with-disabilities/>. Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023.

Van-Deursen, A. & van-Dijk, J. (2019). The first-level digital divide shifts from physical access to material access inequalities. *New Media and Society*, 21(2), 354-375.



Imágenes de: Carlos Ortiz

# Tecnoestrés, tecnoadicción, tecnoddependencia y sus consecuencias para la salud en tiempos modernos

## Technostress, technology addiction, technodependence and its health consequences in modern times

Erika Villavicencio-Ayub<sup>1\*</sup>, Melissa García-Meraz<sup>1</sup>, Eliana Quiroz-González<sup>2</sup>

### RESUMEN

México y Colombia comparten características en cuanto al amplio acceso y uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), por lo que es importante determinar la existencia de factores asociados a estas tecnologías que afecten la calidad de vida de su población. El objetivo de este estudio fue establecer la presencia de efectos negativos y positivos evaluando consecuencias físicas y emocionales por el uso o desuso de las TIC y determinar la presencia de tecnoestrés, tecnoadicción y tecnoddependencia. La muestra incluyó a 932 hombres y 1 094 mujeres, que trabajaban en organizaciones laborales de ambos países. La edad promedio fue de 28 años y la mayoría con nivel educativo superior al bachillerato (88.4 %). Las tres escalas utilizadas obtuvieron adecuados índices de ajuste y altos coeficientes alfa ordinales, indicando fuerte consistencia interna. Mediante un modelo de ecuaciones estructurales se estableció que el tecnoestrés se vio influido por la tecnoadicción y la tecnoddependencia. El “uso compulsivo de las TIC” predijo positivamente el tecnoestrés en sus dimensiones de “rechazo de TIC” y “displacer del uso de TIC”. La tecnoddependencia predijo de manera positiva y negativa aspectos del tecnoestrés. Un segundo modelo predictivo determinó que, las dimensiones “displacer” (tecnoestrés) y “uso excesivo de TIC” (tecnoadicción) predijeron positivamente el dolor físico y el malestar emocional, por lo que estos hallazgos sugieren que el uso excesivo y dependiente de la tecnología puede generar tecnoestrés, afectando negativamente la salud física y emocional. Los resultados muestran la necesidad de realizar y difundir programas sociales que permitan desarrollar capacidades individuales hacia un uso óptimo de las herramientas digitales, además de implementar estrategias que permitan a la población disfrutar de los beneficios del uso de las TIC, sin verse afectados en la salud por el impacto que conlleva el uso desadaptativo de las mismas.

**PALABRAS CLAVE:** adicción, dependencia, estrés, salud mental, tecnología.

### ABSTRACT

Mexico and Colombia share characteristics in terms of broad access and use of information and communication technologies (ICT) ICT, it is therefore important to determine the existence of factors that affect the quality of life of their population. The objective of this study was to establish the presence of negative and positive effects by evaluating physical and emotional consequences of the use of ICT and determine the presence of technostress, technology addiction and technodependence. The sample included 932 men and 1 094 women, who worked in labor organizations in both countries. The average age was 28 years, and the majority had an educational level higher than high school (88.4 %). The three scales used obtained adequate fit indices and high ordinal alpha coefficients, indicating strong internal consistency. Structural equation modeling revealed that technostress was influenced by technology addiction and technodependence. “Compulsive use of ICT” of technology positively predicted technostress in its “rejection of TIC” and “displeasure the use of TIC” dimensions. Technodependence positively and negatively predicted aspects of technostress. A second predictive model determined that the dimensions “displeasure” (technostress), “excessive use” (technology addiction) and “phubbing” (technodependence) positively predicted physical pain and emotional distress. These findings suggest that excessive and dependent use of technology can generate technostress, negatively affecting physical and emotional health. The results show the need to carry out and disseminate social programs that allow developing individual capacities towards optimal use of digital tools, besides implementing strategies that allow the population to enjoy the benefits of the use of ICT, without being affected by the impact on health that the maladaptive use of ICTs entails.

**KEYWORDS:** addiction, dependency, stress, mental health, technology.

\*Correspondencia: erikavilla@hotmail.com/ Fecha de recepción: 4 de mayo de 2023/ Fecha de aceptación: 18 de abril de 2024/ Fecha de publicación: 30 de abril de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, Circuito Ciudad Universitaria Avenida, Ciudad de México, México, C. P. 04510. <sup>2</sup>Universidad Católica de Pereira, Facultad de Ciencias Humanas, Sociales y de la Educación, Pereira, Colombia, C. P. 660005.

## INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) cumplen en la actualidad un rol protagónico en la vida de las personas (Salanova y col., 2014; Vayre y Vonthron, 2019), debido a que favorecen la conectividad de los individuos en diferentes actividades sociales, familiares, recreativas y laborales, entre otros (Brown y Palvia, 2015; Kim y Hollensbe, 2018; Schlachter y col., 2018). Dicha situación hace que sea muy difícil no hacer uso de ellas en un mundo globalizado (Romero y col., 2023). En lo que respecta al ámbito laboral, tanto el desarrollo tecnológico como la globalización hacen posibles fenómenos como el teletrabajo (Andrade, 2014).

El uso de las TIC genera diferentes consecuencias, por lo que existe un creciente interés en conocer el efecto que tiene su utilización en la vida diaria (Villafuerte, 2017). Una consecuencia positiva reconocida es el acercamiento entre personas que deben permanecer físicamente distantes, por ejemplo, en la pandemia por COVID-19, las personas emplearon variadas tecnologías para mantenerse en comunicación y no exponerse a un posible contagio (Ahmed y col., 2021). Pero, también trajo una alta demanda de su uso por la modalidad de teletrabajo, que enfrentaron por primera vez millones de trabajadores ante las medidas de confinamiento establecidas (Hinojosa y col., 2021; Estrada y Gallegos, 2022). Dicha situación elevó los trastornos asociados a la utilización de estas tecnologías, e incluso los problemas psicosociales y emocionales, destacando con ello las consecuencias negativas del empleo desadaptativo de las mismas (Torres, 2021).

Diferentes estudios indican que, el uso intensivo de redes sociales, la cantidad de conexiones virtuales y la percepción de falta de apoyo social influyen en el agotamiento y descontento hacia las TIC (Maier y col., 2015). Específicamente, la población latina presenta displacer, ansiedad y fatiga derivada del empleo de las TIC, además de pensamientos negativos ante la baja capacidad de la persona en utilizar

la tecnología eficientemente (Villavicencio-Ayub y col., 2021b).

En América Latina existe un amplio uso de las TIC. Al menos el 80 % del personal de pequeñas y medianas empresas reportaron una utilización extensiva, el 87 % de computadoras personales, el 67 % de teléfonos móviles y el 80 % del correo electrónico (Torres, 2021). Diversos estudios señalan que la sobreexposición a las TIC y su empleo poco adaptativo puede derivar en tecnoestrés, tecnoadicción o tecnoddependencia (Boonjing y Chanvarasuth, 2017; Picón y col., 2017; Sánchez-Gómez y col., 2020; Quiroz-González y col., 2023; Romero y col., 2023).

El término tecnoestrés aparece por primera vez en 1984 (Brod, 1984), hace referencia a un estado psicológico negativo asociado al uso de las tecnologías, debido a que el individuo percibe un desajuste entre las demandas y los recursos que se ven involucrados en el uso de las TIC, lo que trae consecuencias psicológicas y sociales negativas (Salanova y Nadal, 2003). El tecnoestrés conlleva fatiga, escepticismo e ineficacia en el uso de las TIC (Llorens y col., 2011).

El tecnoestrés es el resultado de las sobredemandas a las que tiene que hacer frente un usuario de dispositivos digitales, que puede impactar su satisfacción y compromiso laboral (Ragu-Nathan y col., 2008). Provoca problemas en el uso de las tecnologías, y trae consigo bajo desempeño laboral (Tarafdar y col., 2011), y genera reacciones psicofisiológicas y actitudes negativas hacia las TIC (Salanova, 2003; Salanova y Nadal, 2003), lo cual afecta el desempeño de los trabajadores (Brooks y Califf, 2017; Rojas, 2021).

La tecnoadicción se describe como un uso excesivo y compulsivo de tecnologías. Es una manifestación específica del tecnoestrés (Salanova y col., 2007; 2013). Este fenómeno se aborda a través de un modelo bifactorial: uso excesivo y uso compulsivo (Llorens y col., 2010), que incluye todo tipo de intención de estar navegando por periodos de tiempo muy

prolongados hasta descuidar otros aspectos de la vida. Los tecnoadictos suelen presentar bajos desempeños laborales, encuentran altamente estimulante realizar la mayor parte de actividades posibles a través del uso de tecnología, presentan ansiedad o depresión cuando no interactúan con sus dispositivos y no reconocen abiertamente que tienen un problema frente al uso de las TIC (Cascardo y Veiga, 2018).

La tecnoddependencia alude a la dependencia hacia dispositivos para propósitos específicos, lo que trae repercusiones en distintos ámbitos de la interacción social, de la salud física y mental, y del desempeño laboral, entre otros (Capilla, 2017). En dicho constructo se incluyen comportamientos como el uso del celular mientras se está con otra persona, pero que son ignoradas por atender su dispositivo, a pesar de los conflictos interpersonales que se derivan de ello (Capilla, 2018). También a comportamientos que llevan a un rechazo de interacción personal o verbal y que se limitan a la interacción digital, así como el incansable uso de estas herramientas mientras se realizan otras actividades, como el conducir un vehículo o cruzar una calle, entre otras, aun cuando se ponga en riesgo su propia vida (Villavicencio-Ayub y col., 2021a).

Los participantes de un estudio de O'Connor y col. (2013) indicaron que hablar por celular mientras conducen es peligroso, sin embargo, lo hacen, debido a la importancia que dichos dispositivos tienen para ellos. El uso del celular aumenta cada vez más y algunas personas priorizan la comunicación por medio de dicho dispositivo, de manera que se alteran sus relaciones sociales. Esto hace que no cuenten con las habilidades para sobrellevar las relaciones cara a cara y puedan tener una interacción favorable a nivel familiar, organizacional y social (Bianchi y Phillips, 2005).

Es importante mencionar que el uso de la tecnología en sí misma no es generadora de una experiencia de malestar o bienestar (Llorens y col., 2007), que se presente uno u otro re-

sultado está vinculado al balance entre los recursos, las experiencias y las demandas (modelo RED). En dicho sentido, los riesgos psicosociales derivados del uso de las TIC pueden ser abordados desde el modelo RED. Según esta perspectiva, los recursos son elementos que ayudan a los trabajadores a hacer frente a las exigencias laborales, los cuales pueden ser tanto personales como relacionados con el trabajo. En contraste, las demandas se refieren a los aspectos laborales que requieren un esfuerzo constante, pudiendo manifestarse en diversos niveles, ya sea en la tarea misma, en las interacciones sociales o en la estructura organizativa (Salanova y col., 2006).

A pesar de los términos variados para describir problemas asociados al uso excesivo de tecnologías, es innegable que existen consecuencias psicosociales (Zheng y Lee, 2016). Si bien, se reconoce que el uso extensivo de tecnologías puede originar múltiples problemas, se requiere mayor investigación sobre la relación entre tecnoestrés, tecnoadicción y tecnoddependencia y sus consecuencias sobre la salud en países de Latinoamérica.

La población de México y Colombia muestran un comportamiento similar en la utilización de las TIC. En ambos países, sus internautas tienen un tiempo promedio de conexión diaria (9 h y 10 h, respectivamente). En México, el número de usuarios de internet es del 65.8 % y en Colombia del 64.1 % (Telecomunicaciones, 2020). Están ubicados en el cuarto y sexto lugar, respectivamente, de los países en Latinoamérica con mayor uso de teléfonos inteligentes (Chevalier-Naranjo, 2022), y son los países que utilizan más herramientas de inteligencia artificial: 61.5 % y 61.9 %, respectivamente (Kemp, 2021), lo que los vuelve países de interés para analizar el efecto del uso de las TIC.

El objetivo de este estudio fue determinar la existencia de consecuencias negativas y positivas, después de la no utilización de teléfonos móviles en una muestra multiocupacio-

nal de trabajadores de México y Colombia, evaluando la presencia de tecnoestrés, tecnoadicción y tecnodependencia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio *ex post facto*, cuantitativo, no experimental (Hernández-Sampieri y col., 2014).

### Muestra

El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia. Para acceder a los participantes se utilizaron dos vías: la primera fue presencial, contactando directores de las diferentes organizaciones convocadas para presentar el proyecto y avalar la recolección de los datos; la segunda, a través de la participación abierta, que se logró por medio del uso de redes sociales utilizando un Formulario de Google.

Se consideraron individuos de ambos sexos, mayores de 18 años que habitaran en México o en Colombia. Se utilizó una ficha de datos sociodemográficos en la que se preguntó por el sexo, el estado civil, la escolaridad y el país de residencia.

### Consideraciones éticas

El estudio siguió las directrices de la Declaración Universal de Principios Éticos para Psicólogos (IUPS, 2008) y la Ley 1090 de 2006 (Congreso de la República, 2006). Todos los participantes dieron su consentimiento de manera anónima para el uso de los datos, después de que se les informó detalladamente sobre el propósito y características de la investigación. Cabe mencionar que el Comité de Ética de la Universidad Católica de Pereira avaló el estudio para su aplicación tanto en México como en Colombia.

### Instrumentos

#### Síntomas y consecuencias del uso y no uso de las tecnologías

Se diseñó una escala ad hoc para este estudio. Se solicitó a los participantes que identificaran los síntomas y consecuencias derivados del uso y no uso de tecnologías, agrupados de la siguiente manera:

a) Dolor físico: dolor de espalda, cuello, muñecas, dedos, cefaleas y vista cansada por pasar extensos periodos/uso frecuente del celular o de las TIC (mínimo = 0, máximo = 6).

b) Malestar emocional: estrés, insomnio, fatiga, pérdida de atención y problemas alimentarios por pasar extensos periodos/uso frecuente del celular o de las TIC (mínimo = 0, máximo = 5).

c) Consecuencias negativas: ansiedad, tristeza, estrés y enojo al pasar extensos periodos sin revisar el celular (mínimo = 0, máximo = 4).

d) Consecuencias positivas: sensación de felicidad y de tranquilidad resultante de no consultar el celular durante largos intervalos (mínimo = 0, máximo = 2).

Las respuestas se estructuraron en un formato binario de presencia (1) o ausencia (0) de cada síntoma o emoción. Los dos síntomas y las dos consecuencias fueron medidas como una variable observada por la suma de los reactivos que componen a cada dimensión.

### Tecnoestrés

Se utilizó la escala de tecnoestrés desarrollada por Salanova y col. (2007) y posteriormente adaptada por Cazares (2019), constituida en su versión original por 12 reactivos en dos dimensiones: displacer derivado del uso de TIC, con una confiabilidad de 0.876, y rechazo de TIC, con una confiabilidad de 0.778. El formato de respuesta es una escala tipo Likert de frecuencia (nunca = 0, casi nunca = 1, algunas veces = 2, regularmente = 3, bastante a menudo = 4, casi siempre = 5 y siempre = 6).

### Tecnoadicción

Se trabajó con la escala del Cuestionario RED-Tecnoestrés desarrollada por Salanova y col. (2013), adecuada a la población mexicana por Villavicencio-Ayub y Cazares (2021). Está compuesta por 8 ítems distribuidos en dos dimensiones: a) uso excesivo de las TIC y b) uso compulsivo de las TIC. La confiabilidad total de la escala obtenida para este estudio

fue de 0.862. Las respuestas se recogen a través de un formato tipo Likert de siete puntos, que varía desde 0 (Nunca) hasta 6 (Siempre).

### Tecnodependencia

Se determinó mediante la escala de Villavicencio-Ayub y col. (2021a), la cual consiste en 15 ítems distribuidos en cinco dimensiones con tres ítems cada una: a) uso del celular al conducir, b) generación muda, c) vida en redes sociales, d) phubbing, y e) uso compulsivo del celular. Las respuestas se registran en una escala tipo Likert que varía desde 0 (nunca) hasta 6 (siempre).

### Validación de los instrumentos

Se realizó para cada una de las escalas utilizadas un Análisis Factorial Exploratorio (AFE). Las cargas factoriales mayores de 0.30 se consideran interpretables (García-Meraz, 2021).

Posteriormente, los tres instrumentos se sometieron a un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) utilizando el programa Lavaan (Rosseel y col., 2020). Los análisis fueron adecuados a datos sin distribución normal con estimaciones. Se utilizó el estimador WLSMV (Weighted Least Squares Mean and Variance adjusted), mínimos cuadrados ponderados y varianza ajustada, que es una opción comúnmente recomendada para este tipo de datos, especialmente cuando se trata de datos categóricos u ordinales. WLSMV es un estimador robusto ante la falta de normalidad y es especialmente adecuado para datos ordinales (Kline, 2015). La consistencia interna de cada instrumento fue calculada por matrices policóricas para datos ordinales sin distribución normal, recomendadas en datos provenientes de escalas Likert, porque capturan mejor las relaciones entre los reactivos que las matrices de correlación de Pearson, que asumen datos a nivel de intervalo (Gadernann y col., 2012).

Para evaluar que los datos de los modelos de AFC propuestos de las tres escalas se ajustaran adecuadamente se emplearon índices de ajuste. El índice de ajuste comparativo (CFI, por sus siglas en inglés: Comparative Fit In-

dex) robusto debe ser  $> 0.92$  para sugerir un ajuste adecuado de los datos (Byrne, 2008). El Error Cuadrático Medio de Aproximación (RMSEA, por sus siglas en inglés: Root Mean Square Error of Approximation) robusto establece un ajuste adecuado del modelo cuando el indicador es  $< 0.08$  con un intervalo de confianza (Schreiber y col., 2006). Finalmente, la Raíz Residual Estandarizada Cuadrática Media (SRMR, por sus siglas en inglés: Standardized Root Mean Square Residual) robusta debe ser  $< 0.08$  (Hu y Bentler, 1999), para indicar un ajuste adecuado. También, se calculó el valor de Chi-cuadrado ( $X^2$ ) para determinar si existía diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre las variables de los tres modelos propuestos. Sin embargo, hay que anotar que en muestras grandes existen diferencias significativas dado el tamaño del efecto.

### Análisis de datos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa R junto con la interfaz R Studio, versión 4.3.1 (R Core Team, 2023). Se empleó el paquete 'Lavaan' para el análisis detallado de los modelos de medición (Rosseel y col., 2020), 'Psych' para las correlaciones policóricas (Revelle, 2023).

## RESULTADOS

Los participantes fueron hombres ( $n = 932$ ) y mujeres ( $n = 1\,094$ ) que residían en México ( $n = 1\,026$ ) y en Colombia ( $n = 1\,000$ ), con una media de edad de 28 años, el 69.84 % eran solteros y 84.60 % con estudios técnicos o superiores (Tabla 1).

### Síntomas y consecuencias

Las dos dimensiones de síntomas evaluadas estuvieron presentes en la población estudiada (Tabla 2). La vista cansada fue el dolor físico que más manifestaron presentar los encuestados (46.50 %) seguida de dolor de cabeza y de muñecas o dedos (33.30 % cada uno). En la dimensión malestar emocional destacaron el insomnio (26.60 %) y el estrés (23.30 %), en tanto que muy poca población presentó problemas alimenticios (5.30 %).

■ **Tabla 1. Datos sociodemográficos.**  
 Table 1. Sociodemographic data.

Parámetro	Variable	N	%
Sexo	Hombre	932	46.00
	Mujer	1 094	54.00
Estado civil	Soltero	1 415	69.84
	Casado	344	16.98
	Unión libre	98	4.84
	Divorciado	138	6.81
	Viudo	31	1.53
Escolaridad	Primaria/Secundaria	235	11.60
	Bachillerato	77	3.80
	Técnico/tecnólogo	730	36.03
	Licenciatura/pregrado	225	11.11
	Posgrado	759	37.46
País de residencia	México	1 026	50.64
	Colombia	1 000	49.36

En los dos tipos de consecuencias evaluadas, las negativas más reportadas fueron la ansiedad (38.80 %), seguida del estrés (12.00 %); en tanto que en las positivas, poco más de la mitad de la población (54.80 %) experimentó tranquilidad al alejarse del uso de las TIC (Tabla 2).

**Validación de los instrumentos**

En el presente estudio las tres escalas obtuvieron cargas por arriba de 0.40, lo cual corrobora la validez del constructo de los instrumentos.

**Escala de tecnoestrés**

Las cargas factoriales de los 8 reactivos que se mantuvieron registraron puntuaciones superiores a 0.40 (Tabla 3), lo que indica que cada ítem de la escala mostró una asociación significativa con el factor correspondiente, estableciendo la validez de los constructos medidos.

El instrumento obtuvo un coeficiente de alfa ordinal alto (0.88) (Gadermann y col., 2012), así como las dimensiones de displacer (0.84) y rechazo (0.75), indicando que la escala de tecnoestrés posee propiedades psicométricas sólidas,

con una alta confiabilidad y es adecuada para su uso en este contexto de estudio binacional.

**Escala de tecnoadicción**

Todas las cargas factoriales de los reactivos considerados (Tabla 4) obtuvieron puntuaciones arriba de 0.40, indicando que cada ítem de la escala mostró una asociación significativa con el factor correspondiente, lo que refuerza la validez de los constructos medidos.

El instrumento obtuvo un coeficiente de alfa ordinal alto (0.88) (Gadermann y col., 2012) para la escala total, así como para las dimensiones de “uso compulsivo de TIC” (0.85) y “uso excesivo de TIC”, señalando una sólida coherencia entre todos los reactivos, con una consistencia interna fuerte, demostrando una alta confiabilidad.

**Escala de tecnoddependencia**

Como en los casos anteriores, todas las cargas factoriales fueron superiores a 0.40 (Tabla 5), lo que refuerza la validez de la escala en la muestra analizada, destacando su utilidad y pertinencia en el presente estudio. Este nivel de cargas factoriales resalta la calidad y pre-

■ **Tabla 2. Síntomas reportados por el uso de las TIC.**  
 Table 2. Symptoms reported due to the use of ICT.

Parámetro	Variable	N	%	Mínimo	Máximo	Media	DE
<b>Síntomas</b>							
<b>Dolor físico</b>							
En los últimos tres meses, ¿has sentido los siguientes síntomas por el uso de algún aparato como celular, tableta, computadora, etc.?	Dolor de espalda	476	23.50	0	6	1.66	1.56
	Dolor en el cuello	588	29.00				
	Dolor en las muñecas/dedos	674	33.30				
	Dolor de cabeza	674	33.30				
	Vista cansada	942	46.50				
<b>Malestar emocional</b>							
En los últimos tres meses, ¿has sentido las siguientes afectaciones por el uso de algún aparato como celular, tableta, computadora, etc.?	Estrés	473	23.30	0	5	0.85	1.19
	Insomnio	538	26.60				
	Fatiga	262	12.90				
	Pérdida de atención	356	17.60				
	Problemas alimenticios	108	5.30				
<b>Consecuencias</b>							
<b>Negativas</b>							
¿Qué sientes cuando pasas mucho tiempo sin revisar el celular, tableta, computadora, etc.?	Ansiedad	787	38.80	0	4	0.57	0.75
	Tristeza	75	3.70				
	Estrés	243	12.00				
	Enojo	65	3.20				
<b>Positivas</b>							
¿Qué sientes cuando pasas mucho tiempo sin revisar el celular, tableta, computadora, etc.?	Tranquilidad	1111	54.80	0	2	0.64	0.56
	Felicidad	194	9.60				

cisión del instrumento para la medición de constructos complejos.

El instrumento mostró una confiabilidad interna sólida, con alta confiabilidad, presentando un coeficiente alfa ordinal alto (0.86) (Gardemann y col., 2012) para toda la escala a través de matriz policórica, así como para las dimensiones de “uso del celular al conducir” (0.94); “vida en redes sociales” (0.94); “generación muda” (0.85); “uso compulsivo del celular” (0.81); y “phubbing” (0.80).

Los datos referentes a los modelos de AFC propuestos (para las escalas de tecnoestrés, tecnoadicción y tecnodependencia) Figuras 1, 2 y 3, respectivamente) mostraron un buen ajuste, de acuerdo a Hooper y col. (2008). A través del AFC se analizó para cada escala la conformación de las variables latentes (representadas por óvalos) y las variables observadas (rectángulos), cuyas cargas factoriales en cada variable observada hacia la variable latente son coeficientes de regresión que permiten predecir los indicadores, encontrando que, siguiendo

■ **Tabla 3. Carga factorial, media y desviación estándar de cada reactivo de la escala de tecnoestrés.**  
 Table 3. Factor loading, mean, and standard deviation of each item of the technostress scale.

Reactivos	Carga factorial	M (DE)
<b>Displacer del uso de TIC</b>		
r1. Me resulta difícil relajarme después de un día de trabajo utilizando tecnologías.	0.607	1.49 (1.70)
r2. Es difícil que me concentre después de trabajar con las tecnologías.	0.668	1.41 (1.60)
r3. Después de usar las tecnologías me cuesta trabajo prestar atención a otras actividades.	0.675	1.39 (1.58)
r4. Me siento tenso y ansioso cuando trabajo con las tecnologías.	0.885	1.04 (1.47)
<b>Rechazo de TIC</b>		
r5. Dudo de la utilidad para trabajar con la tecnología.	0.674	0.76 (1.27)
r6. Es difícil trabajar con las tecnologías.	0.718	1.16 (1.47)
r7. Prefiero no usar las tecnologías porque entorpecen mi trabajo.	0.667	1.15 (1.49)
r8. Me cuesta trabajo aprender a usar nuevas tecnologías.	0.586	1.34 (1.66)

■ **Tabla 4. Carga factorial, media y desviación estándar de cada reactivo de la escala de tecnoadicción.**  
 Table 4. Factor loading, mean, and standard deviation of each item of the technology addiction scale.

Reactivos	Carga factorial	M (DE)
<b>Uso compulsivo de TIC</b>		
r1. Me siento mal si no tengo acceso a las tecnologías (p. ej., internet, correo electrónico, teléfono celular, etc.).	0.671	2.85 (2.07)
r2. Siento que un impulso interno me obliga a utilizar las tecnologías en cualquier momento y lugar.	0.796	2.66 (1.98)
r3. Me encuentro pensando en las tecnologías continuamente (p. ej., revisar el correo electrónico, buscar información en internet, utilizar redes sociales, etc.), incluso, fuera del horario de trabajo.	0.799	3.25 (1.99)
r4. Siento una enorme necesidad de utilizar las tecnologías en momentos que no son adecuados (p. ej., al manejar).	0.702	1.45 (1.76)
r5. Me siento incómodo cuando no puedo utilizar tecnologías.	0.684	2.10 (1.86)
<b>Uso excesivo de TIC</b>		
r6. Dedico más tiempo a utilizar las tecnologías que a estar con mis amigos y familiares.	0.584	1.99 (1.71)
r7. Dedico más tiempo a usar las tecnologías que a practicar algún deporte o actividad al aire libre.	0.683	2.98 (2.05)
r8. Me gusta pasar largas horas usando las tecnologías.	0.686	2.90 (1.89)

■ **Tabla 5. Carga factorial, media y desviación estándar de cada reactivo de las diferentes dimensiones de tecnodependencia.**

Table 5. Factor loading, mean, and standard deviation of each item of the technodependence scale.

Reactivos	Carga factorial	M (DE)
<b>Generación muda</b>		
r1. Evito las llamadas que recibo.	0.627	2.13 (1.76)
r2. Cuando voy a realizar una llamada, pongo excusas para no hacerla.	0.895	1.66 (1.81)
r3. Me molesta recibir llamadas.	0.763	1.73 (1.81)
<b>Uso compulsivo del celular</b>		
r4. ¿Revisas el celular en cuanto te das cuenta de que llega una notificación?	0.637	3.94 (1.82)
r6. ¿Buscas estar siempre conectado a internet?	0.713	3.74 (1.89)
r8. Siento la necesidad de estar revisando mis redes sociales.	0.877	2.95 (1.93)
<b>Vida en redes sociales</b>		
r5. Cuándo asistes a un evento masivo, ¿sueles grabarlo?	0.607	2.05 (1.90)
r7. Comparto aspectos de mi personalidad en las redes sociales.	0.704	1.85 (1.80)
r9. Siento la necesidad de compartir mis actividades en las redes sociales.	0.780	1.42 (1.57)
<b>Phubbing</b>		
r10. Cuándo sales con alguien, ¿sueles prestarle más atención al celular que a las personas con las que estás?	0.660	1.03 (1.30)
r11. En reuniones, ¿sueles estar revisando por tiempo prolongado el celular?	0.781	1.77 (1.63)
r12. Me gusta usar el celular mientras estoy comiendo, aunque esté acompañado.	0.723	1.70 (1.75)
<b>Uso del celular al conducir</b>		
r13. ¿Revisas el celular cuando vas manejando?	0.949	0.61 (1.26)
r14. Sueles hacer o recibir llamadas y mensajes cuando vas manejando.	0.873	1.00 (1.70)
r15. Aprovechas el semáforo en rojo para revisar el celular.	0.908	1.19 (1.89)

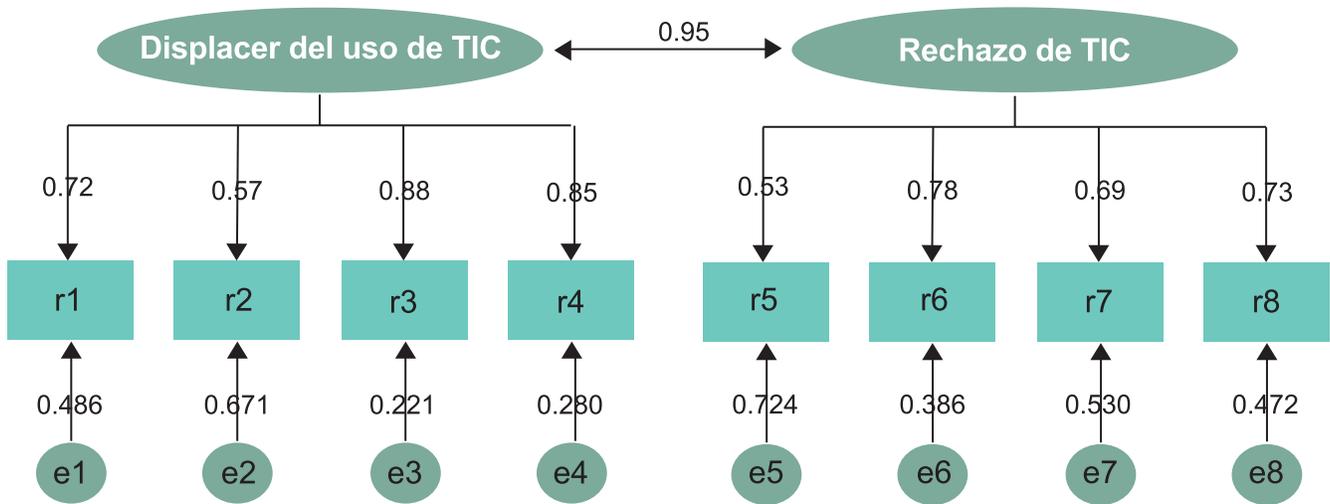
a Harrington (2009), a partir de 0.32 una carga factorial es considerada pobre, de 0.45 aceptable, de 0.55 buena, 0.63 muy buena y puntajes igual o mayor a 0.70 excelente.

Los valores de los índices de los AFC de las tres escalas (Tabla 6) presentaron un ajuste adecuado para CFI robusto (Byrne, 2008), RMSEA robusta (Schreiber y col., 2006) y SRMR robusto (Hu y Bentler, 1999). Así mis-

mo, el estadístico Chi-cuadrado ( $X^2$ ) fue estadísticamente significativo ( $P = 0.000$ ) en las tres escalas, común para los modelos con muestras amplias.

**Modelo de ecuaciones estructurales para predecir el tecnoestrés**

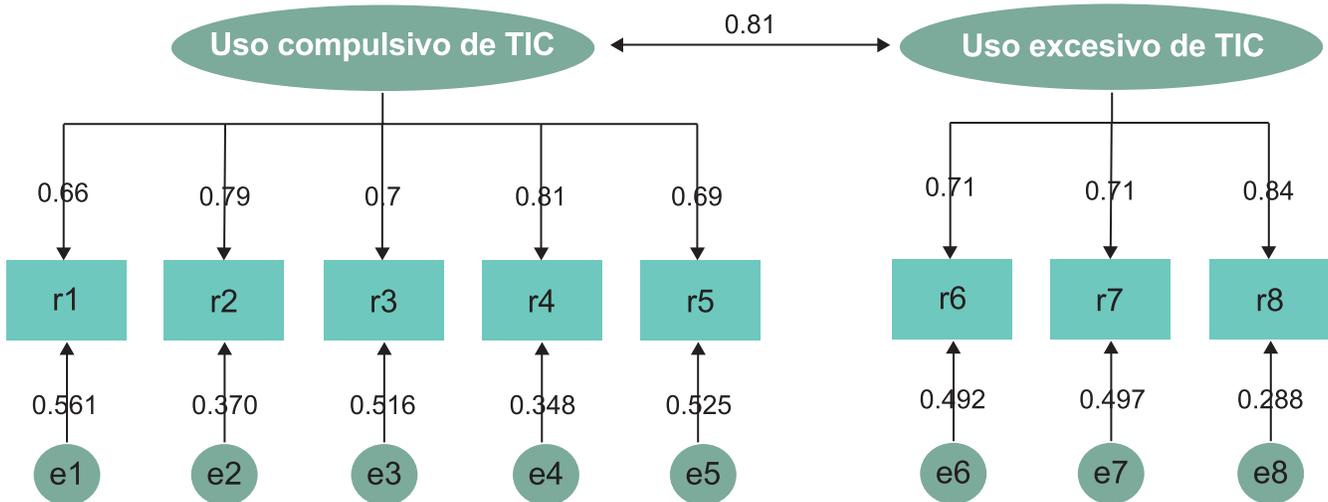
Para corroborar la predicción del tecnoestrés por la tecnoadicción y la tecnodependencia, se realizó una ecuación estructural. En este



Nota: r1 - r8: Variables observadas o indicadores medidos directamente. La flecha que va de la variable latente al indicador debe ser asumida como cargas factoriales. e1 - e8: Errores de medición o varianzas únicas para cada indicador. Valor e5 - r5: Representa la carga del error de medición, es decir, la proporción de la varianza en 'r5' no explicada por el modelo. Flechas dobles entre variables latentes indican correlación (valor resaltado en negrita).

■ **Figura 1. Análisis Factorial Confirmatorio de la escala de tecnoestrés.**

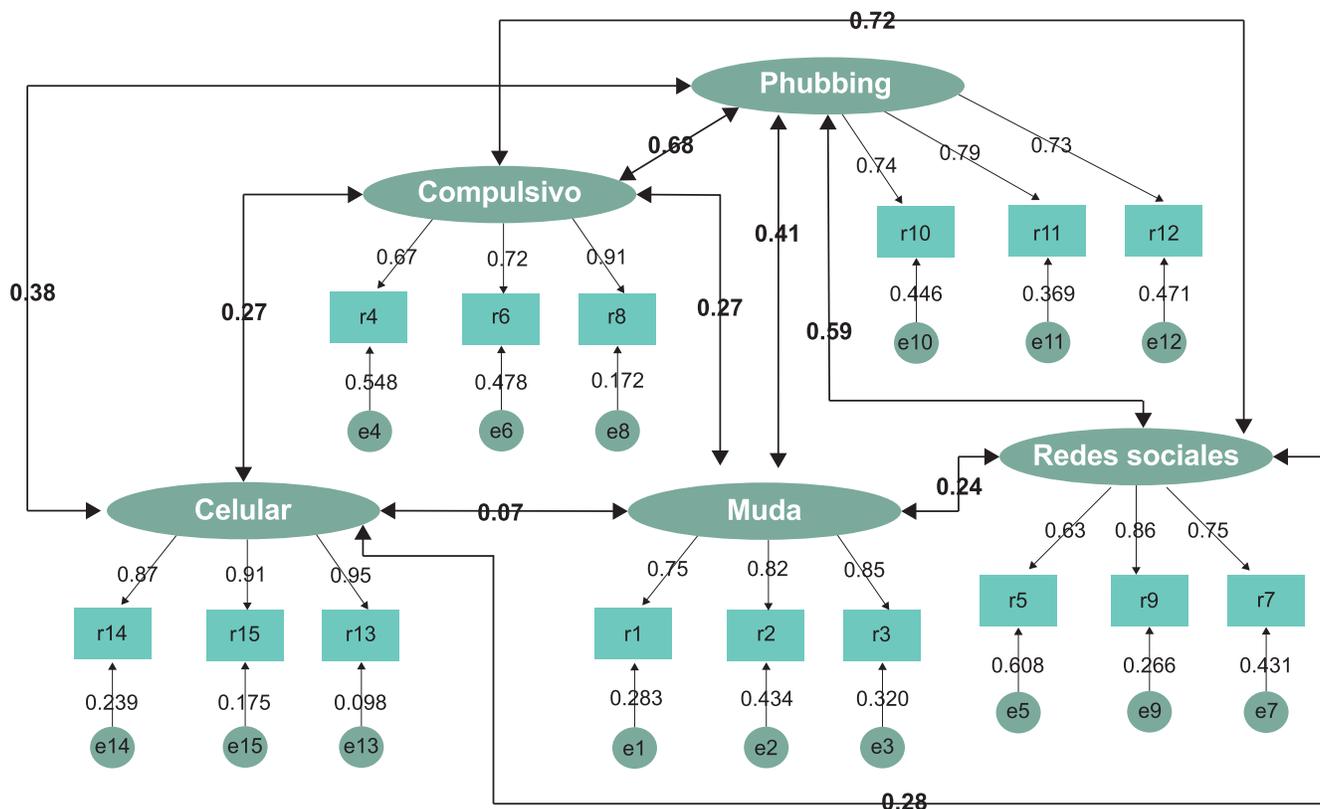
Figure 1. Confirmatory Factor Analysis of the technostress Scale.



Nota: r1 - r8: Variables observadas o indicadores medidos directamente. La flecha que va de la variable latente al indicador debe ser asumida como cargas factoriales. e1 - e8: Errores de medición o varianzas únicas para cada indicador. Valor e5 - r5: Representa la carga del error de medición, es decir, la proporción de la varianza en 'r5' no explicada por el modelo. Flechas dobles entre variables latentes indican correlación (valor resaltado en negrita).

■ **Figura 2. Análisis Factorial Confirmatorio de la escala de tecnoadicción.**

Figure 2. Confirmatory Factor Analysis of the technoaddiction Scale.



Nota: r1 - r8: Variables observadas o indicadores medidos directamente. La flecha que va de la variable latente al indicador debe ser asumida como cargas factoriales. e1 - e8: Errores de medición o varianzas únicas para cada indicador. Valor e5 - r5: Representa la carga del error de medición, es decir, la proporción de la varianza en 'r5' no explicada por el modelo. Flechas dobles entre variables latentes indican correlación (valor resaltado en negrita).

**Figura 3. Análisis Factorial Confirmatorio de la escala de tecnodependencia.**  
 Figure 3. Confirmatory Factor Analysis of the technodependence Scale.

**Tabla 6. Índice de ajuste de los modelos evaluados.**  
 Table 6. Adjustment index of evaluated models.

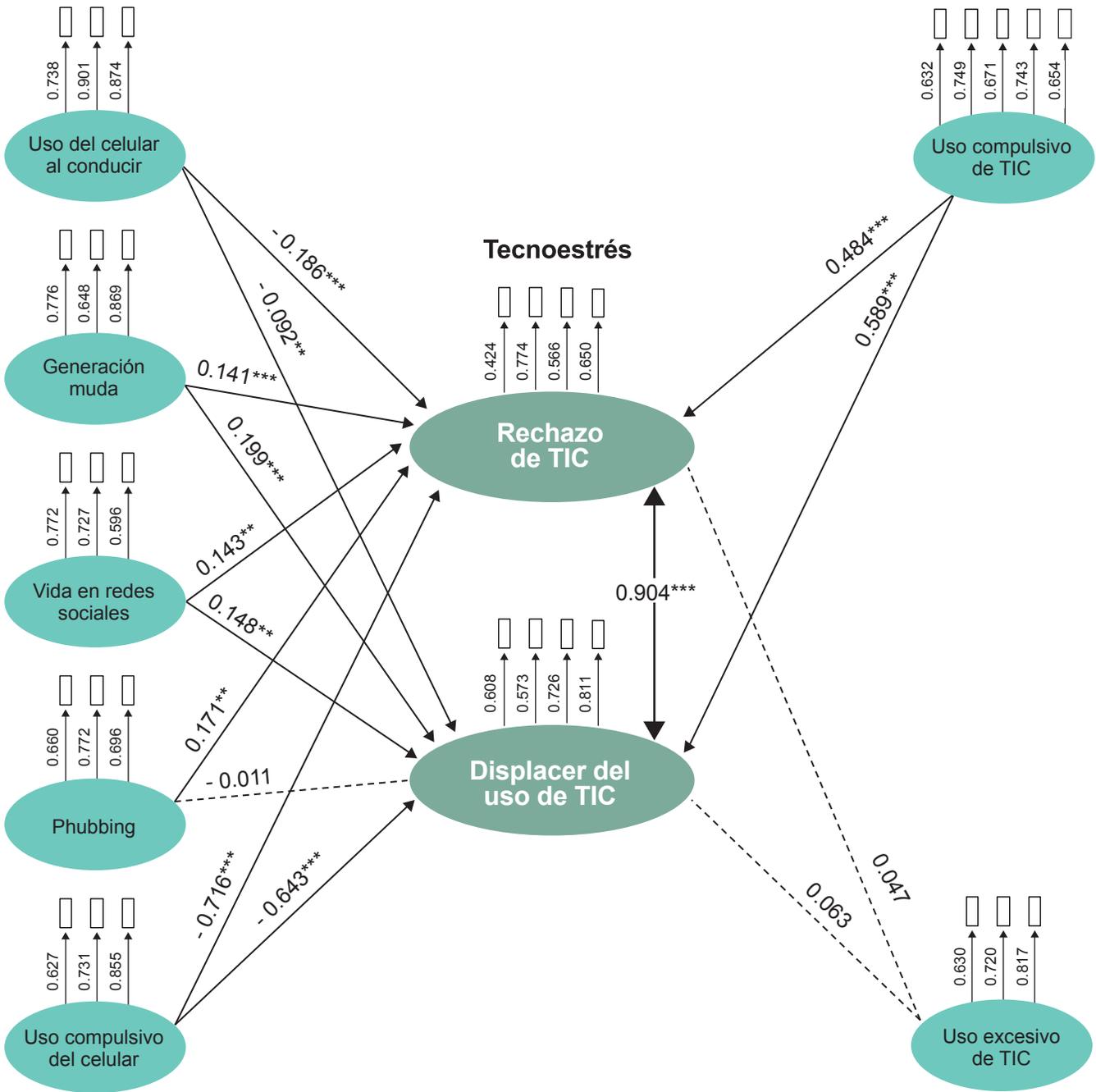
Parámetro	$X_2$	GI	P	CFI	RMSEA	IC 95 %	SRMR
Tecnoestrés	177.879	19	0.000	0.975	0.072	0.062 a 0.081	0.027
Tecnoadicción	161.662	19	0.000	0.979	0.062	0.054 a 0.071	0.025
Tecnodependencia	599.785	80	0.000	0.959	0.065	0.059 a 0.071	0.039

modelo (Figura 4), los datos mostraron un buen ajuste [ $X_2(496) = 2\,269.265$ ,  $P = 0.000$ ; CFI robusto = 0.972; RMSEA robusta = 0.048 (IC 0.046 a 0.050), SRMR robusto = 0.047]. El tecnoestrés fue predicho por la tecnoadicción, en su dimensión de “uso compulsivo de TIC”,

tanto en “rechazo de TIC” ( $\beta = 0.484$ ,  $P < 0.001$ ) como en “displacer del uso de TIC” ( $\beta = 0.589$ ,  $P < 0.001$ ). Sin embargo, la dimensión de “uso excesivo de TIC” no predijo significativamente al tecnoestrés. El tecnoestrés, en su dimensión de “rechazo de TIC” fue predicho de ma-

Tecnoddependencia

Tecnoadicción



Nota: Rectángulos sobre las variables latentes: Indican los ítems o reactivos asociados con cada variable latente representada por las elipses. Flechas continuas: representan las regresiones entre las variables latentes; aquellas no significativas están marcadas por líneas discontinuas. Flechas entre variables latentes: sugieren correlaciones entre variables latentes.

■ **Figura 4. Interacción de las variables asociadas al tecnoestrés (rechazo de TIC y displacer del uso de TIC).**

Figure 4. Interaction of the variables associated with technostress (rejection and displeasure in the use of ICT).

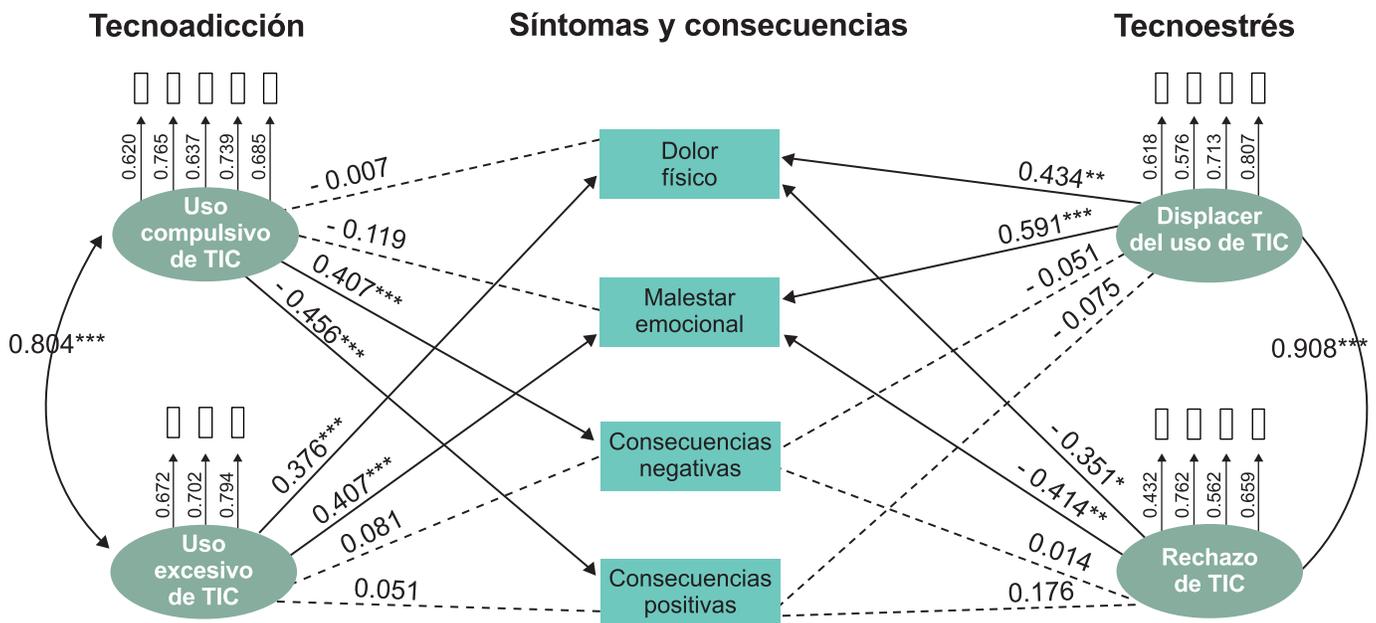
nera positiva por las dimensiones de tecno-dependencia de “generación muda” ( $\beta = 0.141$ ,  $P < 0.001$ ), “vida en redes sociales” ( $\beta = 0.143$ ,  $P < 0.01$ ) y “phubbing” ( $\beta = 0.171$ ,  $P < 0.01$ ), pero de manera negativa por el “uso del celular al conducir” ( $- 0.186$ ,  $P < 0.001$ ) y “uso compulsivo del celular” ( $\beta = - 0.716$ ,  $P < 0.001$ ). La dimensión de “displacer del uso de TIC”, del tecnoestrés mostró un patrón similar, al ser predicha de manera positiva por las dimensiones “generación muda” ( $\beta = 0.199$ ,  $P < 0.001$ ), “vida en redes sociales” ( $\beta = 0.148$ ,  $P < 0.01$ ), y de forma negativa por las dimensiones “uso del celular al conducir” ( $\beta = - 0.092$ ,  $P < 0.01$ ) y “uso compulsivo del celular” ( $\beta = - 0.643$ ,  $P < 0.001$ ). Únicamente no se tuvo una predicción significativa del “displacer del uso de TIC” por parte del “phubbing”.

**Modelo de ecuaciones estructurales para predecir síntomas físicos y emocionales, consecuencias positivas y negativas**

En la Figura 5 se muestra la influencia del

tecnoestrés y la tecnoadicción sobre los síntomas físicos y emocionales, como las consecuencias positivas y negativas (incluidas en la Tabla 2), respecto al uso y desuso de las TIC, sobre todo del celular, de acuerdo con el modelo de ecuación estructural desarrollado. En este análisis se dejó fuera la tecno-dependencia, dado que no mostró estar tan significativamente relacionada con dichos parámetros, como las dos escalas mencionadas. Los resultados mostraron un ajuste adecuado a los datos [ $X^2_2 (152) = 1\ 228.304$ ,  $P = 0.001$ ; CFI robusto = 0.960; RMSEA robusta = 0.057 (IC 0.054 a 0.060), SRMR robusto = 0.055], permitiendo con ello, la validación del modelo con un buen ajuste (Hooper y col., 2008).

El dolor físico, en tecnoestrés, fue negativamente predicho por el “rechazo de TIC” ( $\beta = - 0.351$ ,  $P < 0.05$ ) y positivamente por el “displacer del uso de TIC” ( $\beta = 0.434$ ,  $P < 0.01$ ); mientras que en tecnoadicción, fue positivamente predicho por “uso excesivo de TIC”



Nota: Rectángulos sobre las variables latentes: Indican los ítems o reactivos asociados con cada variable latente representada por las elipses. Flechas continuas: Representan las regresiones entre las variables latente, aquellas no significativas están marcadas por líneas discontinuas. Flechas entre variables latentes: Sugieren correlaciones entre variables latentes.

■ **Figura 5. Interacción de las variables asociadas de las consecuencias del uso de tecnologías.**

Figure 5. Interaction of the variables associated with the consequences of the use of technologies.

( $\beta = 0.376$ ,  $P < 0.001$ ), pero no hubo una predicción significativa del dolor físico por parte del “uso compulsivo de TIC”.

El malestar emocional, en tecnoestrés, fue negativamente predicho por el “rechazo de TIC” ( $\beta = -0.414$ ,  $P < 0.01$ ) y positivamente por el “displacer del uso de TIC” ( $\beta = 0.591$ ,  $P < 0.001$ ); mientras que en tecnoadicción, fue positivamente predicho por el “uso excesivo de TIC” ( $\beta = 0.407$ ,  $P < 0.001$ ), pero no hubo una predicción significativa para el “uso compulsivo de TIC”.

Las consecuencias negativas, en tecnoadicción, fueron únicamente predichas significativamente por el “uso compulsivo de TIC” ( $\beta = 0.407$ ,  $P < 0.001$ ), indicando una relación directa entre comportamientos compulsivos y resultados negativos.

Las consecuencias positivas, en tecnoadicción, mostraron una predicción negativa por el “uso compulsivo de TIC” ( $\beta = -0.456$ ,  $P < 0.001$ ), sugiriendo que el mayor nivel de comportamiento compulsivo reduce las consecuencias positivas (aspectos satisfactorios en la calidad de vida) de los usuarios.

El análisis mediante ecuaciones estructurales permitió observar que el dolor físico y el malestar emocional estuvieron influenciados negativamente por la percepción de “rechazo de las TIC” y positivamente por comportamientos asociados con “displacer del uso de TIC” y “uso excesivo de TIC”, sugiriendo un vínculo entre la evasión y la búsqueda de gratificación con mayores niveles de dolor y malestar. Curiosamente, los comportamientos compulsivos no mostraron un impacto significativo en el dolor físico y el malestar emocional, pero sí se relacionaron de manera significativa con las consecuencias negativas, destacando un vínculo directo entre la compulsividad y los resultados adversos. Además, se encontró que un aumento en comportamientos compulsivos está asociado con una disminución en las experiencias o resultados positivos, lo que refleja, cómo los comportamien-

tos compulsivos pueden limitar la capacidad para experiencias positivas.

## DISCUSIÓN

### Análisis de la validación de las escalas

En ambas poblaciones estudiadas, que confirmaron una muestra multiocupacional de trabajadores de México y Colombia, se demostró la validez de las tres escalas de medición utilizadas para evaluar el uso problemático de las tecnologías (tecnoestrés, tecnoadicción y tecnodependencia).

### Comparación entre dimensiones de tecnoestrés, tecnoadicción y tecnodependencia

En las dimensiones presentadas en las Tablas 3, 4 y 5, se identificaron diferencias significativas en las medias y desviaciones estándar de cada reactivo. Por ejemplo, en la escala de tecnoestrés, el reactivo “Me resulta difícil relajarme después de un día de trabajo utilizando tecnologías” mostró una media más alta en comparación con los otros, reactivos de la escala, sugiriendo una mayor incidencia de este síntoma entre los encuestados.

En la escala de tecnoadicción, los reactivos relacionados con el uso compulsivo y el uso excesivo de las tecnologías mostraron en general medias más altas, que los reactivos de las otras dos escalas evaluadas, lo que indica una mayor prevalencia de estos comportamientos adictivos entre los participantes. Por otro lado, en la escala de tecnodependencia, se observó que los reactivos de uso compulsivo del celular mostraron las medias más altas de las tres escalas. Los reactivos de uso del celular al conducir fueron los que registraron valores más bajos de la escala, sin embargo, aún cuando conocían del riesgo que implicaba hacerlo, algunos encuestados confirmaron realizarlo.

### Interacción de variables asociadas al tecnoestrés, tecnoadicción y tecnodependencia

Las interacciones entre las variables asociadas a las dimensiones de las tres escalas, proporcionan información adicional sobre cómo estas dimensiones se relacionan entre sí y cómo

mo pueden influir en la prevalencia y gravedad de los síntomas y consecuencias reportados (Figuras 4 y 5). Por ejemplo, la interacción entre el rechazo y el displacer del uso de TIC provoca el tecnoestrés, lo que podría aumentar el nivel de estrés tecnológico entre los individuos, lo que a su vez podría conducir a una mayor incidencia de síntomas físicos y emocionales.

Las tres escalas tuvieron relación entre ellas (Figura 4) y capacidad de predicción del tecnoestrés, por la tecnoadicción y la tecnoddependencia. Sin embargo, en lo que respecta a tecnoadicción, se encontró que únicamente el uso compulsivo de TIC mostró relación significativa. Y la dimensión de Phubbing fue la única en el caso de tecnoddependencia que no tuvo influencia significativa.

Entre los hallazgos sobresale la predicción del tecnoestrés como displacer del uso de TIC, por tecnoddependencia y tecnoadicción, sobre todo cuando se trata de un uso compulsivo; esta relación sugiere que el uso constante de TIC puede resultar en una aversión hacia ellas por la tecnoinvasión, fatiga, lo que produce frustración y estrés, INSST (s.f.). Lo anterior, concuerda con investigaciones previas que enfatizan cómo el uso excesivo de las tecnologías puede llevar al desarrollo de estrés, traducido finalmente en un rechazo (Tarafdar y col., 2011; Maier y col., 2015; Pérez-Ramírez y col., 2022). Resulta interesante encontrar que, el uso compulsivo del celular predijo de manera negativa el tecnoestrés en su dimensión de rechazo de las TIC (Figura 4,  $\beta = -0.716$ ), es decir, utilizar compulsivamente el celular disminuye la sensación de evitación del uso de las TIC y favorece el involucramiento con estos dispositivos. Dicho resultado sobresale, dado que los reactivos relacionados con el uso compulsivo del celular fueron los que obtuvieron una media más alta en esta escala con un promedio de 3.54 (Tabla 5). Esto, sin duda, está referido al uso indispensable que representa el celular (Torres, 2021), de hecho, el concepto mismo de adicción a las tecnologías aún está en debate

(Zheng y Lee, 2016); y este estudio como otros (Fernández-Prol, 2021; Rodríguez-Escanciano, 2021; Ayerra-Duesca, 2022), suman evidencia en el desarrollo de aproximaciones más claras en esta adicción conductual. Incluso, el uso compulsivo del celular está relacionado de manera negativa también con el tecnoestrés como displacer. Al respecto, se ha descrito que el uso del celular en exceso puede traer fuertes preocupaciones cognitivas y diversos conflictos sociales, laborales, escolares, familiares e interpersonales (Zheng y Lee, 2016).

### **Análisis de los síntomas y consecuencias reportados por el uso de las TIC**

Entre los participantes de la muestra estudiada, se reportó una variabilidad significativa en la prevalencia de los síntomas y consecuencias debido al uso de las TIC. Se destacan tanto los síntomas físicos como los emocionales, proporcionando una visión general de los efectos negativos asociados con el uso de dispositivos como teléfonos celulares, tabletas y computadoras (Tabla 2).

Algunos síntomas físicos, como el dolor de espalda y el dolor en el cuello, mostraron medias relativamente bajas en comparación con otros, lo que sugiere que estos síntomas pueden ser menos comunes entre los encuestados. Sin embargo, la vista cansada presentó medias más altas, indicando una mayor prevalencia entre los participantes.

En cuanto al malestar emocional, se observó una variedad de síntomas, como el estrés, insomnio, pérdida de atención y problemas alimenticios. Estos resultados resaltan la complejidad de los efectos negativos asociados con el uso de las TIC, que van más allá de los síntomas físicos y afectan la salud emocional y el bienestar general de los individuos. Es interesante destacar que los problemas alimenticios tuvieron una media baja, lo que infiere que este síntoma puede no ser tan común en dicha población específica. Otro hallazgo relevante es el papel del uso compulsivo del celular en la percepción del tecno-

estrés. Estos resultados sugieren que, aunque las TIC son esenciales en la vida moderna, su uso excesivo o compulsivo puede tener consecuencias negativas en salud mental, tales como depresión, estrés crónico, pobre calidad del sueño y autoestima (Villavicencio-Ayub y col., 2020). Inclusive, se ha descrito el término en inglés *nomophobia* (de ‘no mobile phone phobia’) como el miedo a no tener acceso a un dispositivo tecnológico (Graben y col., 2020). En el presente estudio, a medida que incrementó la adicción, también lo hizo la ansiedad sobretodo, además del estrés, la tristeza y el enojo, al separarse del dispositivo, mientras que la felicidad disminuyó. Asimismo, a medida que aumentó el rechazo hacia las tecnologías, la felicidad al dejar el dispositivo incrementó y se experimentó menos ansiedad, estrés, tristeza y enojo, al no tenerlo cerca.

Con referencia al último modelo (Figura 5) se destaca la importancia de considerar la interacción de las variables asociadas a los síntomas como el dolor físico y el malestar emocional, además de las consecuencias tanto negativas como positivas del uso de las tecnologías. Se observó que la tecnoadicción por uso compulsivo del celular no impactó significativamente a los dolores físicos o emocionales, pero predijo positivamente las consecuencias negativas y eliminó las consecuencias positivas. Por otro lado, la tecnoadicción como uso excesivo no predijo significativamente las consecuencias negativas ni la disminución de las positivas como el caso anterior, pero si el dolor físico y el malestar emocional, de hecho, incrementó ambos. El dolor físico registró una media un poco más alta que coincide con lo reportado en la literatura (Salanova, 2005; Villavicencio y col., 2021b), no obstante aun es un campo poco explorado que sugiere una dinámica compleja, y merece un abordaje más específico en futuras investigaciones.

El tecnoestrés, en displacer del uso de TIC, reportó una relación significativa y positiva con el malestar emocional, al igual que con el dolor físico, pero más débil. Esta relación

sugiere que la interrupción de actividades por la tecnología incide directamente en el estado emocional de los individuos. Por otro lado, el tecnoestrés, en rechazo de TIC se asoció significativamente de manera negativa con el dolor físico, disminuyendo este síntoma, pero tuvo un impacto más significativo en el malestar emocional, reduciendo aún más estos síntomas, lo que podría implicar que la aversión a la tecnología tiene componentes emocionales más profundos que no se manifiestan físicamente.

### Desafíos de las TIC

La integración cada vez más profunda de las TIC en el día a día conlleva también ventajas en el entendido que las TIC mejoran la comunicación y proporcionan acceso más amplio a la información (Martín-Rodríguez, 2021; Fernández-Prol, 2021; Rodríguez-Escanciano, 2021), aunque este panorama representa importantes desafíos.

En regiones como América Latina, con un uso intensivo de las TIC, dichos desafíos se agudizan, y en este sentido, las organizaciones deben actuar, generando programas y acciones concretas orientadas a la promoción de un uso consciente y saludable de las tecnologías (Llorens y col., 2011; Quiroz-González y col., 2020). Lo anterior, permitiría obtener todos los beneficios de las TIC, dado que en el ámbito laboral, se han convertido en herramientas esenciales, impulsando la eficiencia y productividad organizacional (Zhao y col., 2020), lo que es fundamental en un entorno que se caracteriza por ser cambiante, ya que genera exigencias continuas para que las organizaciones sean competitivas (Vesga-Rodríguez, 2019).

Finalmente, es importante mencionar que el uso de las TIC involucra realizar una amplia gama de actividades diarias. No obstante, hay poco conocimiento del impacto tanto positivo como negativo que tiene una utilización continuada. Aun cuando su uso excesivo conlleve a presentar manifestaciones de estrés y conductas de adicción, como se demostró en este trabajo. Lo anterior sugiere que, la

sociedad está normalizando una dependencia tecnológica, a pesar de los riesgos asociados.

Una implicación teórica del presente estudio consiste en reportar las propiedades psicométricas de las escalas para medir estas variables de reciente aparición en dos países latinoamericanos. Así mismo, las implicaciones prácticas parten de los modelos predictivos que se desarrollan, pues pueden orientar el diseño de propuestas organizacionales para aprovechar los beneficios de un uso saludable. Con los resultados del presente estudio, se coloca de manifiesto una serie de bajas habilidades para que los trabajadores se adapten y hagan frente al uso de las nuevas tecnologías que lleve a potencializar el resultado positivo y disminuir las consecuencias negativas que se están reportando en estos tres constructos: tecnoestrés, tecnoddependencia y tecnoadicción. De manera que dichos hallazgos pueden guiar a las organizaciones hacia un uso saludable de la tecnología, maximizando beneficios y minimizando riesgos. Así, el presente trabajo enriquece el conocimiento sobre las TIC, su uso intensivo y sus consecuencias.

Este estudio presenta dos limitaciones principales. La primera es la normalización del uso tecnológico, que puede llevar a los usuarios de las TIC a subestimar sus consecuencias debido a las ventajas percibidas en su vida cotidiana como resultado de la constante relación entre las TIC y las tantas actividades que ya se pueden realizar través de ellas. La otra limitación se refiere a las diferencias culturales y legales entre los países participantes. Aunque la muestra fue representativa, es esencial ampliar la investigación en un contexto transcultural para obtener una comprensión más profunda y elaborar estrategias que mitiguen los impactos negativos de la tecnología en el corto, mediano y largo plazo.

Además, se sugiere investigar el incremento constante de usuarios en las redes sociales, dada la disponibilidad de dispositivos tecnológicos y redes de internet públicas y gratuitas.

Los estudios futuros podrían identificar los motivos detrás de las conexiones en línea, estableciendo así un control y evitando patrones de dependencia emocional, incluso, mediante el establecimiento de tiempos de uso de las TIC.

Se recomienda hacer estudios sobre tecnoestrés, tecnoadicción y tecnoddependencia en otros países latinoamericanos. También, se recomienda ejecutar estrategias orientadas a la prevención de las consecuencias negativas en los trabajadores por el uso desmedido de las TIC y otros riesgos psicosociales que atentan contra su bienestar y salud laboral (carga laboral, mala gestión de la información, enfoque multitarea, sin dejar de lado el burnout (Alfaro-de-Prado-Sagrera, 2008), la ansiedad y baja satisfacción laboral (Cuervo y col., 2020; Olvera y col., 2022).

## CONCLUSIONES

Los tres instrumentos empleados en el estudio cuentan con adecuadas propiedades psicométricas para ser usados en ambas poblaciones de estudio: México y Colombia. El primer modelo demostró que el tecnoestrés fue predicho por la tecnoadicción y la tecnoddependencia. En el segundo modelo, la tecnoadicción generó consecuencias negativas, tras la no utilización de teléfonos, en un porcentaje importante de la población. Además, de dolor físico y malestar emocional por el uso excesivo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), al igual que el tecnoestrés por el displacer del uso de TIC. Por lo anterior, se considera oportuno que se realicen y difundan programas sociales de inclusión digital que permitan desarrollar capacidades individuales hacia un uso óptimo de las herramientas digitales, participar de los beneficios del uso de las TIC en diversas áreas de la vida humana como el acceso a la información, avance tecnológico, practicidad, entre otros, apuntalando a reducir la brecha digital existente en países como los que participaron en el presente estudio y principalmente buscando reducir el impacto en la salud que conlleva el uso desadaptativo de las mismas.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflictos de intereses de ningún tipo.

## REFERENCIAS

- Ahmed, Z., Bin, S., Mohammed, S., & Islam, S. (2021). Smartphone overuse: A hidden crisis in COVID-19. *Health Policy and Technology*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2021.01.002>
- Andrade, V. (2014). Cambios en las relaciones de trabajo: paradojas y consecuencias en el actual mundo del trabajo. *Diversitas - Perspectivas en Psicología*, 10(2), 337-351. <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2014.0002.10>
- Alfaro-de-Prado-Sagrera, A. (2008). Nuevas tecnologías y nuevos riesgos laborales: estrés y tecnoestrés. *Revista Digital de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 1, 1-23.
- Ayerra-Duesca, N. J. (2022). El derecho a la desconexión digital desde un punto de vista de la prevención de riesgos laborales. *Lan Harremanak: Revista de Relaciones Laborales*; 47, 41-71.
- Bianchi, A. & Phillips, J. G. (2005). Thang MPPUS. Mobile Phone Problem Use Scale.pdf. *CyberPsychology & Behavior*, 8, 39-51.
- Boonjing, V. & Chanvarasuth, P. (2017). Risk of overusing mobile phones: Technostress effect. *Procedia Computer Science*, 111, 196-202. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.053>
- Brod, C. (1984). Technostress: The human cost of the computer revolution. Addison-Wesley Publishing Company.
- Brooks, S. & Califf, C. (2017). Social media-induced technostress: Its impact on the job performance of it professionals and the moderating role of job characteristics. *Computer Networks*, 114, 143-153. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2016.08.020>
- Brown, W. S. and Palvia, P. (2015). Are mobile devices threatening your work-life balance? *International Journal of Mobile Communications*, 13(3), 317-338. <https://doi.org/10.1504/IJMC.2015.069128>
- Byrne, B. M. (2008). Testing for multigroup equivalence of a measuring instrument: A walk through the process. *Psicothema*, 20(4), 872-882.
- Capilla, E. (2017). Phubbing. Wing Network Connected and Disconnected From Reality. *Pixel Bit*, 50, 173-185.
- Capilla, E. (2018). Phubbing, ¿es más importante tu smartphone. [En línea]. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/tic/20437-phubbing-en-mexico>. Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2022.
- Cascardo, E. & Veiga, M. C. (2018). Tecnoadictos. Los peligros de la vida online. Ediciones B.
- Cazares, M. A. (2019). Adaptación de dos escalas para medir tecnoestrés y tecnoadicción en una población laboral mexicana.pdf. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3474616>. Fecha de consulta: 6 de abril de 2023.
- Chevalier-Naranjo, S. (2022). Panorama de la tecnología móvil en América Latina. [En línea]. Disponible en: <https://es.statista.com/grafico/26905/panorama-de-la-tecnologia-movil-en-america-latina/>. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2023.
- Congreso de la República (2006). Ley 1090 de 2006: Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Psicología, se dicta el Código Deontológico y Bioético y otras disposiciones. Diario Oficial, [En línea]. Disponible en: [http://www.secretariasena.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1090\\_2006.html#TITULO\\_I](http://www.secretariasena.gov.co/senado/basedoc/ley_1090_2006.html#TITULO_I). Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2022.
- Cuervo, T., Meneghel, I., Orviz, N. y Arce, S. (2020). Nuevos retos asociados a la tecnificación laboral: el tecnoestrés y su gestión a través de la Psicología Organizacional Positiva. *Revista de Psicología, Ciències de l'Eduació i de l'Esport*, 38(1): 21-30.
- Estrada, E. y Gallegos, N. (2022). Tecnoestrés en el contexto educativo: Un problema emergente durante la pandemia COVID-19. *Apuntes Universitarios*, 12(1), 447-451. <https://doi.org/https://doi.org/10.17162/au.v12i1.992>
- Fernández-Prol, F. (2021). La conectividad del trabajador: análisis desde una óptica preventiva. *Revista Andaluza de Trabajo y Bienestar*, (156): 149-165.
- Gadermann, A. M., Guhn, M., & Zumbo, B. D. (2012). Estimating ordinal reliability for likert-type and ordinal item response data: A conceptual, empirical, and practical guide. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 17(3), 1-13.
- García-Meraz, M. (2021). Análisis Factorial Explo-

ratorio y Confirmatorio: sobre el uso de instrumentos de medición en psicología. En O. Zúñiga-Hernández, M. A. Terrazas-Meraz y M. L. Zorrilla-Abascal (Eds.), *Habilidades de investigación en el posgrado: estrategias metodológicas* (Primera edición, pp. 312). Miguel Ángel Porrúa.

Graben, K., Doering, B. K., Jeromin, F., & Barke, A. (2020). Problematic mobile phone use: Validity and reliability of the Problematic Use of Mobile Phone (PUMP) Scale in a German sample. *Addictive Behaviors Reports*, 12: 100297.

Harrington, D. (2009). *Confirmatory Factor Analysis*. Oxford: University Press.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta edición, pp. 151-185). McGraw-Hill.

Hinojosa, J., Salas, M. y Reyna, M. (2021). Teletrabajo y tecnoestrés en organizaciones educativas: aprendizajes ante la pandemia por la COVID-19 en México. *Contaduría y Administración*, 66(5), 1-25.

Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53-60.

Hu, L. T. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>

INSST, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (s.f.). NTP 730: Tecnoestrés: concepto, medida e intervención psicosocial. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España: Autor. [En línea]. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp\\_730.pdf/55c1d085-13e9-4a24-9fae-349d98deeb8a](https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_730.pdf/55c1d085-13e9-4a24-9fae-349d98deeb8a). Fecha de consulta: 2 de mayo de 2023.

IUPS, Internacional Union of Psychological Science (2008). Declaración Universal de los principios éticos para psicólogas y psicólogos. En Asamblea de la Unión Internacional de Ciencias Psicológicas. Palais de Chaillot: Declaración Universal. Disponible en: <https://www.iupsys.net/about/archives-and-documents/policy/universal-declaration-of-ethical-principles-for-psychologists/>. Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2022.

Kemp, S. (2021). Digital 2021. [En línea]. Disponible en: <https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report>. Fecha de consulta: 15 de

marzo de 2023.

Kim, S. & Hollensbe, E. (2018). When work comes home: technology-related pressure and home support. *Human Resource Development International*, 21(2), 91-106. <https://doi.org/10.1080/13678868.2017.1366177>

Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford Press.

Llorens, S., Salanova, M. y Ventura, M. (2007). Efectos del tecnoestrés en las creencias de eficacia y el burnout docente: un estudio longitudinal. *Revista de Orientación Educativa*, 21(39), 47-65.

Llorens, S., Salanova, M. y Ventura, M. (2010). El tecnoestrés: un problema de nuestros días. *Aprende Rh2*, 26, 96-102.

Llorens, S., Salanova, M. y Ventura, M. (2011). Guías de intervención Tecnoestrés, Editorial Síntesis.

Maier, C., Laumer, S., Eckhardt, A., & Weitzel, T. (2015). Giving too much social support: Social overload on social networking sites. *European Journal of Information Systems*, 24(5), 447-464. <https://doi.org/10.1057/ejis.2014.3>

Martín-Rodríguez, O. (2021). El tecnoestrés como factor de riesgo para la seguridad y salud del trabajador. *Lan Harremanak*, 44, 164-183.

O'Connor, S., Whitehill, J., King, K., Kernic, M., Boyle, L., Bresnahan, B., Mack, C., Y., & Ebel, B. (2013). Compulsive cell phone use and history of motor vehicle crash. *Journal of Adolescent Health*, 53(4), 512-519.

Olvera, J., Triviño, E. y Bastidas, C. (2022). Tecnoestrés y satisfacción laboral en colaboradores de una empresa de alimentos durante la pandemia por COVID-19. *PSIDIAL: Psicología y Diálogo de Saberes*, 1(1): 39-59.

Pérez-Ramírez, L., Rodríguez-Rodríguez, D. y Ramírez-Pacheco, É. (2022). Adicciones a la tecnología y riesgos para la salud humana. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 38(4). <https://revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/1501>

Picón, C., Toledo, S. y Navarro, V. (2017). Tecnoestrés: Identificación y prevalencia en el personal docente de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste. *Revista de la Facultad de Medicina*, 36(3), 41-51. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/rem/article/view/2309>

Quiroz-González, E., Ortiz-Giraldo, V. y Villavicencio-Ayub, E. (2023). Tecnoestrés y tecnoadicción: el papel de la tecnoddependencia en trabaja-

dores de Colombia y México. *Salud Uninorte*, 39(2), 347-363. <https://doi.org/10.14482/sun.39.02.020.359>

Quiroz-González, E., Ruíz, B. y Caballero, G. (2020). Guía para la gestión del tecnoestrés. [Archivo PDF]. [En línea]. Disponible en: [www.colpsic.org.co/wp-content/uploads/2021/04/Guia-para-la-gestion-del-tecnoestres.pdf](http://www.colpsic.org.co/wp-content/uploads/2021/04/Guia-para-la-gestion-del-tecnoestres.pdf). Fecha de consulta: 22 de mayo de 2023.

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical *computing*. R Foundation for Statistical Computing. [En línea]. Disponible en: <https://www.r-project.org/>. Fecha de consulta: 2 de abril de 2023.

Ragu-Nathan, T. S., Tarafdar, M., Ragu-Nathan, B. S., & Tu, Q. (2008). The consequences of technostress for end users in organizations: Conceptual development and validation. *Information Systems Research*, 19(4), 417-433. <https://doi.org/10.1287/isre.1070.0165>

Revelle, W. (2023). Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research [Procedimientos para la investigación psicológica, psicométrica y de personalidad]. R package version 2.3.9. [En línea]. Disponible en: <https://cran.r-project.org/package=psych>. Fecha de consulta: 19 de enero de 2024.

Rodríguez-Escanciano, S. (2021). Vigilancia y control de la salud mental de los trabajadores. Aspectos preventivos y reparadores, *Revista de Estudios Jurídicos Laborales y de Seguridad Social*, (2), 19-55.

Rojas, P. G. (2021). *Relación del desempeño laboral y la salud mental durante la pandemia del COVID-19 Relationship between job performance and mental health during COVID-19 pandemic* Introducción. 16(2), 207-218.

Romero, G., Martínez, V. G., Payró, M. P. S. y Hervás-Gómez, C. (2023). Revisión sistemática sobre tecnoestrés docente. En Hervás-Gómez, C., de-la-Cruz-Campos, J. C., Rubio, I. M. y de los Ángeles Domínguez-González, M. (Eds.), *Innovación y mejora en la educación* (pp. 25-44). Dykinson. <https://doi.org/10.2307/jj.1866736.5>

Rosseel, Y., Jorgensen, T. D., Rockwood, N., Oberski, D., Byrnes, J., Vanbrabant, L., Savalei, V., Merkle, E., Hallquist, M., Barendse, M., & Scharf, F. (2020). Lavaan. Latent Variable Analysis. Version 0.6-7. [En línea]. Disponible en: <https://cran.r-project.org/web/packages/lavaan/lavaan.pdf>. Fecha de consulta: 16 de marzo de 2023.

Salanova, M. (2003). Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: el rol de las creencias de eficacia Working with technologies and coping with technostress: the role of efficacy beliefs. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 19(3), 225-246. <http://www.redalyc.org/pdf/2313/231318057001.pdf>

Salanova, M., Llorens, S., & Cifre, E. (2013). The dark side of technologies: Technostress among users of information and communication technologies. *International Journal of Psychology*, 48(3), 422-436. <https://doi.org/10.1080/00207594.2012.680460>

Salanova, M., Llorens, S., Cifre, E. y Martínez, I. (2006). Metodología RED-WONT. Departamento de Psicología evolutiva, educativa, social y metodología de la Universidad Jaume I de Castellón. *Perspectivas de Intervención en Riesgos Psicosociales. Evaluación de Riesgos*, 131-153.

Salanova, M., Llorens, S., Cifre, E. y Nogareda, C. (2007). Tecnoestrés: concepto, medida e intervención psicosocial. *Nota técnica de prevención*, 730(21).

Salanova, M., Llorens, S., & Ventura, M. (2014). Technostress: The Dark Side of Technologies. In C. Korunka & P. Hoonakker (Eds.), *The Impact of ICT on Quality of Working Life* (pp. 1-230). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8854-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8854-0_6)

Salanova, M. y Nadal, M. A. (2003). Sobre el concepto y medida del tecnoestrés: una revisión. *Jornadas de Fomento de la Investigación. Fòrum de Recerca*, (8), 24. <http://hdl.handle.net/10234/79668>

Salanova, M. (2005). Metodología WONT para la Evaluación y Prevención de Riesgos Psicosociales. *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, 14, 22-32.

Sánchez-Gómez, M., Cebrián, B., Ferré, P., Navarro, M. y Plazuelo, N. (2020). Tecnoestrés y edad: un estudio transversal en trabajadores públicos. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 14(2), 25-33. <https://doi.org/10.7714/CNPS/14.2.203>

Schreiber, J. B., Nora, A., Stage, F. K., Barlow, E. A., & King, J. (2006). Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review. *The Journal of Educational Research*, 99(6), 323-338. <https://doi.org/10.3200/JOER.99.6.323-338>

Schlachter, S., McDowall, A., Cropley, M., & Inceoglu, I. (2018). Voluntary Work-related Technology Use during Non-work Time: A Narrative Synthe-

sis of Empirical Research and Research Agenda. *International Journal of Management Reviews*, 20(4), 825-846. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12165>

Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, T. S., & Ragu-Nathan, B. S. (2011). Crossing to the dark side: Examining creators, outcomes, and inhibitors of technostress. *Communications of the ACM*, 54(9), 113-120. <https://doi.org/10.1145/1995376.1995403>

Telecomunicaciones, I. F. (2020). En México hay 80.6 millones de usuarios de internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/en-mexico-hay-806-millones-de-usuarios-de-internet-y-865-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares>. Fecha de consulta: 15 de febrero de 2023.

Torres, C. C. (2021). Adaptation and Validation of Technostress Creators and Technostress Inhibitors Inventories in a Spanish-Speaking Latin American Country. *Technology in Society*, 66, 101660. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101660>

Vayre, E. y Vonthron, A. M. (2019). Identifying Work-Related Internet's Uses—at Work and Outside Usual Workplaces and Hours—and Their Relationships With Work–Home Interface, Work Engagement, and Problematic Internet Behavior. *Frontiers in Psychology*, 10, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02118>

Vesga-Rodríguez, J. J. (2019). La interacción trabajo-familia en el contexto actual del mundo del trabajo. *Equidad y Desarrollo*, 1(33): 121-135.

Villafuerte, C. (2017). Phubbing y Género: Uso, abuso e interferencia de la tecnología. *ResearchGate*, 1-18.

Villavicencio-Ayub, E., Aguilar, D. G. I. y Calleja, N. (2020). Tecnoestrés en población mexicana y su relación con variables sociodemográficas y laborales. *Psicogente*, 23(44), 1-27. <https://doi.org/10.17081/psico.23.44.3473>

Villavicencio-Ayub, E., Callejo-Estrada, F., Lagos-Rojas, A. y Calleja-Bello, N. (2021a). Escala para medir tecnoddependencia en el ámbito personal, familiar, social y laboral en población mexicana. *Psicogente*, 24(46), 1-18. <https://doi.org/10.17081/psico.24.46.4560>

Villavicencio-Ayub, E. y Cazares, M. (2021). Adaptación y validación de la escala de tecnoadicción del cuestionario red-tecnoestrés, en una población laboral mexicana. *Psicología Iberoamericana*,

29(1), 1-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133967526002>

Villavicencio-Ayub, E., García-Meraz, M. y Santamaría-Plascencia, E. (2021b). Afectaciones personales y organizacionales derivadas del confinamiento por COVID-19 en México. *Estudios Gerenciales*, 37(158), 85-93.

Zhao, X., Xia, Q., & Huang, W. (2020). Impact of technostress on productivity from the theoretical perspective of appraisal and coping processes. *Information y Management*, 57(8), 103265. <https://doi.org/10.1016/j.im.2020.103265>

Zheng, X. & Lee, M. K. O. (2016). Excessive use of mobile social networking sites: Negative consequences on individuals. *Computers in Human Behavior*, 65, 65-76. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.011>



Imagen tomada de: Canva educativo

Hola



¡Hola!, soy CodeBot, ¿cuál es tu duda?



Imagen tomada de: Facebook

# Agente conversacional como herramienta de apoyo en el aprendizaje del lenguaje C.

## Conversational agent as a support tool for learning C Language

Ma. Rosario Vázquez-Aragón<sup>1\*</sup>, Patricia Zavaleta-Carrillo<sup>1</sup>, Ulises Barradas-Arenas<sup>1</sup>, Gloria del Jesús Hernández-Marín<sup>2</sup>

### RESUMEN

Un agente conversacional, es un sistema de software, que permite emular la comunicación con un ser humano a través de mensajes de texto o voz. El objetivo de este trabajo fue evaluar la funcionalidad y usabilidad (eficacia, eficiencia, satisfacción) de un agente conversacional denominado *Codebot*, desarrollado en la Facultad de Ciencias de la Información, como herramienta de apoyo para facilitar el aprendizaje del lenguaje de Programación C de los estudiantes del programa educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales, así como, la experiencia y calidad hedónica (social) de la herramienta. El alcance del estudio fue descriptivo, con análisis cuantitativo. La recolección de datos fue transversal con muestras de distintos tamaños por conveniencia. Se empleó la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), que se extendió para evaluar tres aspectos: efectividad y eficiencia del bot, así como la satisfacción del usuario. La fiabilidad del instrumento fue de 0.93 alfa de Cronbach. El comportamiento del agente en la prueba funcional final arrojó 70 % de respuestas exitosas y un 30 % de solicitudes no reconocidas, debido a que: 1) la información solicitada no se encontraba en la base de conocimiento del agente, 2) solicitudes mal planteadas o sin sentido. El diseño e implementación del agente conversacional *Codebot* permitió obtener una base de conocimiento robustecida para mejorar el aprendizaje del lenguaje C, y su funcionamiento fue satisfactorio. Sin embargo, es necesario continuar con pruebas con mayor número de muestras que profundicen en las características sobre la creación del agente conversacional.

**PALABRAS CLAVE:** agente conversacional, usabilidad, aprendizaje, enseñanza.

### ABSTRACT

A conversational agent is a software system that emulates communication with a human being through text or voice messages. The objective of this work was to evaluate the functionality and usability (effectiveness, efficiency, satisfaction) of a conversational agent called *Codebot*, developed at the Faculty of Information Sciences, as a support tool to facilitate the learning of C programming language by students of the Computer Systems Engineering program, as well as their experience and hedonic (social) quality of the tool. The scope of the study was descriptive, with quantitative analysis. The data collection was cross-sectional with convenience samples of different sizes. The System Usability Scale (SUS) was used, which was extended to evaluate three aspects: effectiveness and efficiency of the bot, as well as user satisfaction. The reliability of the instrument was 0.93 Cronbach's alpha. The behavior of the agent in the final functional test showed 70 % of successful responses and 30 % of unrecognized requests due to two main reasons: 1) the requested information was not in the agent's knowledge base, 2) poorly formulated or meaningless requests. Design and implementation of the conversational agent *Codebot* obtained a robust database to improve learning of the C language and its function was satisfactory. However, is necessary to continue with tests that include a larger number of samples that delve deeper into the characteristics regarding the creation of the conversational agent.

**KEYWORDS:** conversational agent, usability, learning, teaching.

\*Correspondencia: mvazquez@pampano.unacar.mx/ Fecha de recepción: 1 de febrero de 2024/ Fecha de aceptación: 27 de mayo de 2024/

Fecha de publicación: 11 de junio de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ciencias de la Información, calle 56 núm. 4, esq. avenida Concordia, col. Benito Juárez, Ciudad del Carmen, Campeche, México, C. P. 24180. <sup>2</sup>Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ciencias Educativas, Ciudad del Carmen, Campeche, México, C. P. 24180.

## INTRODUCCIÓN

A nivel nacional e internacional se ha observado a lo largo del tiempo, en diferentes niveles escolares, dificultades en el aprendizaje de programación; Jones y col. (2022) afirmaron que aprender a programar involucra niveles de organización y sistematización de procesos cognitivos ligados a la organización y atención, además de un alto grado de creatividad a la hora de resolver un problema.

Entre las diferentes razones por las cuales se afirma que aprender a programar es difícil, se pueden mencionar: se requiere la comprensión de antecedentes teóricos, uso de semántica, codificación sintáctica y habilidades algorítmicas, además de que se tienen que comprender errores de sintaxis (Justo-López y col., 2021).

Alonso-Berenguer (2021) argumentó que, en la actualidad existen insuficiencias en el aprendizaje de la programación por parte de los estudiantes. La reprobación en esta área es un problema que aqueja a las universidades. Cheah (2020), indicó que la dificultad de aprendizaje de programación no es un problema exclusivo de los estudiantes de Chile, sino un problema a nivel mundial. La unidad de aprendizaje de Programación, ofertada en la Facultad de Ingeniería (FIM) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) en México tiene un alto índice de reprobación (Justo-López y col., 2021).

Para dar solución a las problemáticas del aprendizaje de la programación se han hecho diversas propuestas. Jones y col. (2022) mencionaron: a) los seminarios para estudiantes de primer año, que fomenten hábitos de estudio, administración de tiempo y acciones que apoyen la autorregulación del aprendizaje, además de atender componentes afectivos como la motivación; b) programas de tutorías; c) programas de atención al progreso académico.

Ascencio-Jordán y Gil-Mateos (2023), afirmaron que diseñar estrategias y metodologías específicas apoyadas en las tecnologías de la

información y comunicación (TIC) para la enseñanza de la programación pueden representar resultados académicos favorables para los estudiantes.

Alonso-Berenguer (2021) propuso un sistema básico de habilidades para la algoritmización computacional que favorece el perfeccionamiento del proceso de enseñanza aprendizaje. Chimba (2020) integró el software educativo para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación básica en estudiantes universitarios. Ayala-Cadena y Aguilar-Juárez (2023) mencionaron que, además de usar software educativo, es necesario proveer al alumno de herramientas que faciliten su autogestión y un acompañamiento didáctico constante para poder aclarar dudas e inquietudes en el proceso de aprendizaje, por lo que, proponen aprovechar los asistentes conversacionales que aplican inteligencia artificial en la interacción con los estudiantes de programación.

Un agente conversacional se puede definir como un sistema informático que trata de emular la conversación con un humano (Caldarini y col., 2022); se han desarrollado en diferentes ámbitos desde la salud, el comercio, la industria, educación, entre otros (Suganya y col., 2020; Zhang y col., 2020; Allouch y col., 2021; Barreto y col., 2021; Ait-Baha y col., 2022; Pawlik y col., 2022). En los últimos años, su uso se ha incrementado y se han convertido en una herramienta valiosa para dar atención a los usuarios por las ventajas que ofrecen tales como: disponibilidad y facilidad de uso, facilidad de implementación, reducción de costos de mantenimiento, entre otras (Allouch y col., 2021).

En el área de la educación, los agentes conversacionales han sido ampliamente utilizados para proporcionar atención académica a sus estudiantes tales como: tareas administrativas (Lalwani y col., 2018; Abdullah, 2021; Nandeesh y col., 2021; Olmedo-Carpio, 2021; Gupta y Chen, 2022) y atención a aspirantes (Nguyen y col., 2021; Bal y col., 2022; Man y col., 2023). También se usan en procesos de enseñanza-

aprendizaje en diferentes temáticas, incluyendo la computación y programación (Hobert, 2019; Long y col., 2019; Mad-Daud y col., 2020; Neumann y col., 2021; Essel y col., 2022; Liu y col., 2022; Mateos-Sánchez y col., 2022; Okon-kwo y Ade-Ibijola, 2022; Soares y de-Freitas, 2022).

En la literatura, existe una amplia gama de estudios que rodean a los agentes conversacionales (Allouch y col., 2021). Una metodología para su diseño y retroalimentación identifica la evaluación de la experiencia del usuario que se lleva a cabo a través de: 1) mecanismos de interacción y 2) flujo de la conversación (Astruga, 2021). Los mecanismos de interacción en mensajes de texto pueden ser a través de botones o texto libre. En cuanto al flujo de conversación se clasifican en: a) orientados a la tarea, que están diseñados para completar tareas específicas o responder preguntas frecuentes y b) orientados al tema, que se enfocan en un tema específico (Fernández-Ferrer, 2023).

Por lo general, en los estudios que evalúan la experiencia del usuario valoran la calidad pragmática y hedónica de los agentes. La calidad pragmática se enfoca en la funcionalidad del agente conversacional, es decir, la medida en que el agente proporciona respuestas útiles, mientras que la calidad hedónica se enfoca en evaluar la satisfacción emocional que un usuario experimenta al interactuar con el agente (Følstad y Brandtzaeg, 2020).

Los hallazgos de Fornell-Haugeland y col. (2022) al evaluar la experiencia de los usuarios de agentes conversacionales, indican que, el mecanismo de interacción de botón tuvo más aceptación que el de texto libre en cuanto a la calidad pragmática, ya que satisfacen sus necesidades puntuales de información, así como de servicios. Por otra parte, Følstad y Brandtzaeg (2020), en su estudio cualitativo evaluaron las experiencias positivas y negativas de usuarios de diversos agentes conversacionales. En dicho estudio se resalta la importancia del atributo pragmático en los agentes, sin embargo, señalaron la importancia de

que, los agentes incluyan atributos sociales. Para los agentes enfocados a la tarea es relevante cumplir con la calidad pragmática antes que la hedónica (Ramírez-García, 2021).

Algunas de las estrategias didácticas implementadas de los agentes conversacionales son los videos educativos sobre programación en lenguaje C, enfocados en temas de mayor dificultad para los estudiantes, como lo son: estructuras repetitivas, arreglos unidimensionales y arreglos bidimensionales (Justo-López y col., 2021).

En este trabajo, se propuso un agente conversacional como una herramienta de apoyo para dar solución al desafío que, presenta para los estudiantes de nuevo ingreso el curso de Programación I, de la Facultad Ciencias de la Información (FCI) de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), ubicada en el estado de Campeche, México. Este curso forma parte del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales (LISC) y aborda en su contenido temático fundamentos del lenguaje de programación en C. Dicho curso reporta el mayor índice de reprobación de acuerdo con los resultados de los exámenes de admisión que hace llegar la dirección de la facultad a las academias para su respectivo análisis. Los estudiantes de nuevo ingreso presentan bajos repertorios cognitivos en el área de razonamiento lógico-matemático, además de la diversidad de planes de estudio por provenir de distintos planteles de bachillerato, por lo que los fundamentos de programación que poseen son heterogéneos. En los reportes de aprovechamiento generados por la academia de programación, en los ciclos escolares enero-junio y agosto-diciembre de 2021 se identificó que, solo el 52 % de los estudiantes matriculados en el curso de Programación I aprueban.

Dada la situación expuesta, se diseñó, implementó y probó una herramienta web, disponible, que sirva de acompañamiento didáctico para estudiantes que inician con la programación en lenguaje C, ya que responde dudas

específicas sobre temas básicos de este lenguaje. Entre las ventajas que ofrecerá la herramienta se encuentran: a) respuesta inmediata a solicitudes puntuales sobre los temas abordados en dicho el curso, b) disponibilidad de uso para cuando los estudiantes la necesiten.

El objetivo de este trabajo fue describir los hallazgos de la primera etapa de diseño e implementación del agente conversacional, se evaluó su funcionalidad y usabilidad, explorando su efectividad, eficiencia y satisfacción mediante cuatro atributos: ortografía, respuestas del chatbot, flujo del chat, calidad de la información y bienvenida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño de la investigación

Se llevó a cabo un estudio descriptivo con análisis cuantitativo de corte transversal.

### Funcionalidad y usabilidad

El agente conversacional desarrollado en este trabajo es orientado a la tarea, por lo que se realizaron análisis de interacciones, frecuencias y porcentajes para estimar la efectividad (funcionalidad) entre solicitudes realizadas al agente y su respuesta, ante la necesidad de los usuarios en el aprendizaje de programación I.

También, se evaluó su calidad pragmática, a través de la medición de la efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario en el empleo del agente conversacional denominado *Codebot*. De acuerdo con el estándar ISO 9241-11, referida en Ren y col. (2019), la usabilidad representa la medida en la que un sistema se puede utilizar con las características mencionadas. Respecto a la usabilidad relacionada con los agentes conversacionales, Radziwill y Benton (2017) realizaron una revisión sistemática, en la que listaron atributos y características de calidad de los *chatbots*, así como enfoques apropiados de control de calidad.

### Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida por 499 estudiantes de la FCI de la UNACAR. La

muestra empleada fue de 71 casos-tipo durante las cuatro fases.

En la fase I, el tipo de muestreo fue por conveniencia, ya que se evaluó las respuestas que arrojó el agente conversacional, sobre los temas del curso de programación I.

En la fase II, la muestra fue nula, ya que se replicaron las iteraciones de la fase I con el fin de evaluar nuevamente el comportamiento del agente conversacional con base a las mejoras implementadas.

Para la fase III, se utilizó un nuevo muestreo por conveniencia, seleccionando a 20 estudiantes de segundo semestre que acababan de aprobar el curso de Programación I, quienes evaluaron la utilidad o funcionalidad de *Codebot*; de estos estudiantes 15 contestaron la evaluación de usabilidad.

Para la fase IV, también se utilizó un tipo de muestreo por conveniencia; el interés se centró en 11 estudiantes que estaban cursando Programación I y 20 programación II, ya que la funcionalidad básica de *Codebot* es atender dudas sobre los temas de este curso.

### Instrumento

Con el fin de valorar la usabilidad de *Codebot* se utilizó el instrumento Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, por sus siglas en inglés: System Usability Scale) (Brooke, 1995), que se extendió con nueve preguntas adicionales para evaluar la efectividad, eficiencia, y satisfacción de los usuarios, adaptado para *chatbots* (Jiménez-Flores y col., 2018; Cameron y col., 2019; Olausson, 2019; Hernández-Pérez y Lluill-Céspedes, 2021; Mora-Blasco, 2021; Safitri y col., 2021).

Para evaluar la confiabilidad del instrumento se aplicaron los estadísticos alfa de Cronbach y Omega de McDonald para cada una de las dimensiones (Tabla 1). Para cada dimensión, se obtuvieron las correlaciones entre cada ítem con el resto de los ítems de esa misma dimensión (Tabla 2). Se aplicó la prueba de

■ Tabla 1. Estadísticas de Fiabilidad de Escala.

Table 1. Scale reliability statistics.

	Media	DE	Alfa de Cronbach	ω de McDonald
Efectividad	3.06	1.16	0.930	0.932
Eficiencia	3.09	0.996	0.877	0.878
Satisfacción	3.23	1.05	0.842	0.859

■ Tabla 2. Estadísticas de fiabilidad de los elementos de las dimensiones efectividad, eficiencia y satisfacción.

Table 2. Reliability statistics for the items of the effectiveness, efficiency and satisfaction dimensions.

	Media	DE	Correlación del elemento con otros ítems	Si se descarta el elemento	
				Alfa de Cronbach	ω de McDonald
<b>Eficiencia</b>					
Item_1	3.07	1.44	0.668	0.926	0.928
Item_2	3.26	1.39	0.673	0.926	0.927
Item_3	3.02	1.58	0.834	0.917	0.919
Item_4	2.87	1.50	0.822	0.918	0.920
Item_5	3.39	1.34	0.788	0.920	0.922
Item_6	3.04	1.32	0.519	0.932	0.934
Item_7	2.80	1.67	0.742	0.922	0.924
Item_8	3.09	1.49	0.666	0.926	0.928
Item_9	3.02	1.60	0.719	0.923	0.925
Item_10	3.04	1.44	0.839	0.917	0.919
<b>Efectividad</b>					
Item_11	3.20	1.44	0.655	0.860	0.864
Item_12	3.17	1.35	0.439	0.878	0.879
Item_13	2.74	1.54	0.628	0.863	0.866
Item_14	3.35	1.27	0.562	0.868	0.871
Item_15	3.02	1.37	0.571	0.867	0.870
Item_16	2.98	1.32	0.682	0.858	0.860
Item_17	3.35	1.27	0.599	0.865	0.867
Item_18	3.07	1.45	0.740	0.852	0.854
Item_19	2.93	1.58	0.690	0.856	0.858
<b>Satisfacción</b>					
Item_20	2.98	1.325	0.837	0.756	0.777
Item_21	2.98	1.325	0.837	0.756	0.777
Item_22	4.17	0.902	0.205	0.895	0.906
Item_23	3.07	1.451	0.780	0.769	0.820
Item_24	2.93	1.583	0.601	0.829	0.856

normalidad de Kolmogórov-Smirnov a las tres dimensiones, y se observó que no muestran una distribución normal (Tabla 3), debido a que la muestra es mayor a 30.

Para el análisis de correlación se empleó la prueba Rho de Spearman por la falta de distribución normal. Las dimensiones 1 y 3 presentaron una correlación alta (Tabla 4).

### Fases en la creación del agente conversacional

Al agente conversacional se le nombró *Codebot* y se diseñó su respectivo avatar como un robot futurista (Figura 1), en su pecho tiene símbolos que se utilizan en programación. La gama de colores que se empleó, es blanco y azul, que representan los colores institucionales de la UNACAR. Para el desarrollo del trabajo se tomó del modelo de cascada, sus fases de análisis, diseño e implementación, pero las

pruebas fueron realizadas en diferentes fases, con el fin de ir verificando la funcionalidad, usabilidad y contenido de la base de conocimiento del agente conversacional. En la Tabla 5 se describe cada una de las etapas del procedimiento utilizado, así como la manera en que se implementó el desarrollo. A continuación, se describen cada una de estas fases.

### Fase de pruebas

#### Fase I. Análisis, diseño, creación, implementación del *Codebot* y prueba

Se evaluaron los requerimientos técnicos para el diseño y creación del agente conversacional en la plataforma *Dialogflow* de Google (Google-Cloud, 2022) y se implementó en la red social Facebook, dado que es la red utilizada institucionalmente y también a nivel facultad. El agente conversacional fue entrenado acorde al temario del curso de Programa-

■ **Tabla 3. Prueba de Kolmogórov-Smirnov.**

Table 3. Kolmogorov-Smirnov test.

	Estadístico	gl	Sig
D1	0.176	64	0.000
D2	0.122	64	0.019
D3	0.270	64	0.000

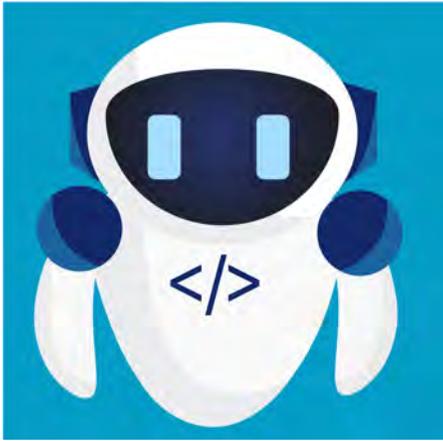
■ **Tabla 4. Correlación de Spearman.**

Table 4. Spearman correlation.

Correlaciones					
			D1	D2	D3
Rho de Spearman	D1	Coefficiente de correlación	1.000	0.642**	0.301*
		Sig. (bilateral)	.	0.000	0.015
		N	64	64	64
	D2	Coefficiente de correlación	0.642**	1.000	0.332**
		Sig. (bilateral)	0.000	.	0.007
		N	64	64	64
	D3	Coefficiente de correlación	0.301*	0.332**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.015	0.007	.
		N	64	64	64

\*P ≤ 0.01

\*\*P ≤ 0.05



■ **Figura 1. Avatar de Codebot.**  
Figure 1. Codebot avatar.

ción I, que se imparte en la facultad. En la etapa inicial, la base de conocimiento de *Codebot* estuvo formada por 80 intenciones, así como dos entidades.

En la fase I, los sujetos de prueba fueron 25 estudiantes de 5° y 7° semestre matriculados en dos grupos de cursos impartidos por autores del presente trabajo. La finalidad de que estudiantes de semestres avanzados probaran al agente conversacional (Figura 2) se debió a que ellos poseen bases sólidas sobre programación, sobre todo del lenguaje C. Se le solicitó a cada participante que realizaran

■ **Tabla 5. Procedimiento utilizado en el desarrollo del trabajo y descripción de las muestras en las fases de pruebas.**

Table 5. Procedure used in the work development and description of the samples used in the test phases.

Fase	Actividad	Resultados
Análisis	Se evaluaron los requerimientos técnicos tanto para el desarrollo de la herramienta, así como para el uso de esta.	Se evaluaron plataformas para el desarrollo del agente conversacional.
Creación y diseño	Se definieron los temas que abordaría el agente conversacional.	Se definió la base de conocimiento del agente, es decir, las preguntas de entrenamiento.
Implementación	Se implementó la herramienta en una plataforma de software.	El agente reside en la plataforma <i>Dialogflow</i> de Google.
Pruebas	Fase I (25 estudiantes de 5° y 7° semestre)	Estudiantes de semestres avanzados que aprobaron cursos del núcleo básico de programación evaluaron el comportamiento del bot.
	Fase II (25 estudiantes de 5° y 7° semestre)	Se robusteció la base de conocimiento del bot de acuerdo con los resultados que arrojó la fase I. Se replicaron las solicitudes de la fase anterior.
	Fase III (20 estudiantes de segundo semestre en funcionalidad y 15 de ellos en usabilidad)	Estudiantes que aprobaron el curso de programación I interactuaron con el bot para determinar su funcionalidad y utilidad.
	Fase IV (31 estudiantes)	Se probó el bot con los sujetos de interés (estudiantes que cursaban Programación I y II).



■ **Figura 2.** Codebot agente conversacional.  
Figure 2. Codebot conversational agent.

25 solicitudes sobre los temas que se abordan en el curso de Programación I, por lo que en total se hicieron 625 solicitudes al agente conversacional como parte de las pruebas funcionales. Estas pruebas consistieron en: a) solicitar a los estudiantes que utilizaran Codebot y entregaran un reporte con las solicitudes realizadas, así como las respuestas arrojadas por el agente; b) redactar un comentario de su percepción sobre el funcionamiento de Codebot.

### Fase II. Implementación de mejoras

En la fase II, no se realizaron pruebas funcionales a Codebot, se alimentó su base de conocimiento con preguntas (solicitudes) que no reconoció de la fase I, se identificaron puntos de mejora a la base de conocimiento de Codebot, así como problemas en la presentación de algunos temas. Con base a esto, se llevaron a cabo una serie de acciones:

- Se añadieron nuevas intenciones para las solicitudes no reconocidas detectadas en los reportes de los estudiantes.
- Se añadieron más frases de entrenamiento a las interacciones existentes que lo requerían.
- Se modificó el formato de presentación de algunos temas, por ejemplo, se cambió texto por imágenes.

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del agente con las modificaciones realizadas, se replicaron las 625 solicitudes que se realizaron en la fase I; 37 solicitudes no se consideraron en los cambios, debido a que se referían a conceptos no contemplados en el contenido del curso Programación I. Inicialmente la base de conocimiento de Codebot contó con 87 intenciones (posibles preguntas).

### Fase III. Pruebas de funcionalidad y usabilidad en la versión actualizada

Las pruebas las realizaron 20 estudiantes, de segundo semestre, matriculados en dos grupos de clase de los autores. Los estudiantes realizaron pruebas de funcionalidad de Codebot, también expresaron su experiencia respecto al mismo. De los 20 estudiantes, solo 15 evaluaron la usabilidad de Codebot, a través del instrumento SUS extendido. En esta fase se puso atención a la habilidad social (calidad hedónica) del agente conversacional, por lo que se agregaron contextos a los temas plasmados en el agente con el fin que los usuarios tuvieran una conversación fluida con éste.

### Fase IV. Pruebas de usabilidad en la versión actualizada

En esta fase, las pruebas las realizaron 31 estudiantes; 11 matriculados en el curso de Programación I y 20 estudiantes que se encontraban cursando programación II, que aborda temas como: matrices, estructuras, archivos y apuntadores.

## RESULTADOS

### Fase I

De 625 solicitudes realizadas a Codebot, éste respondió el 52.8 % de manera correcta, el

0.5 % de manera incorrecta y el 46.7 % de las solicitudes no las reconoció, ya que éstas no formaban parte de su base de conocimiento.

**Fase II**

Al replicar, las 625 solicitudes que hicieron los estudiantes en la fase anterior, se observó, que el agente conversacional incrementó su eficiencia al aumentar el porcentaje de respuestas correctas respecto a la primera fase (Tabla 6). Sin embargo, el 11.36 % de las solicitudes no pudieron ser atendidas, ya que éstas abordaban temas no contemplados en la base de conocimiento del agente. En general, estas solicitudes se referían a temas avanzados del lenguaje C tales como: manejo de archivos, apuntadores, estructura de datos, entre otros.

Las preguntas no reconocidas por *Codebot*, se clasificaron en tres grupos (Tabla 7): a) Fuera de tema, se refiere a preguntas que no forman parte del temario de programación I; b) Incongruentes, se refiere a preguntas ilógicas o sin sentido; y c) Añadir en *Codebot*, se refiere a preguntas que *Codebot* debería contemplar en su base de conocimiento.

**Fase III**

En la evaluación de usabilidad, donde participaron 15 estudiantes, el agente tuvo una valoración buena en cada uno de los atributos que evaluaron la calidad de la conversación (Tabla 8). En las pruebas funcionales, los 20 estudiantes realizaron 1 825 solicitudes en total, en las que aumentó el número de respuestas correctas (1 351); las solicitudes contestadas de manera incorrecta disminuyeron con respecto a la fase an-

terior, pero con casos de solicitudes no reconocidas, por lo que fue mayor la información proporcionada por el agente en esta fase (Tabla 9).

**Fase IV**

El total de solicitudes de esta fase fue de 230, el agente conversacional respondió 161 de manera satisfactoria, 69 de las solicitudes no las reconoció y no arrojó respuestas incorrectas (Tabla 9).

En resumen, los resultados que arrojó la fase de pruebas (Tabla 9), se observa que en la fase I, el porcentaje de respuestas correctas fue bajo. En la fase II, se robusteció su base de conocimiento del bot e incrementó su efectividad. En la fase III, el agente fue evaluado por estudiantes que aprobaron el curso de programación I, pero que se encontraban cursando estructura de datos, por lo que las preguntas al agente estaban enfocadas a sus necesidades, y muchas de sus solicitudes estaban fuera de la base de conocimiento del agente. En la fase IV, que fue probada por estudiantes matriculados en el curso de programación I, el porcentaje de respuestas correctas fue considerable (70 %); la cantidad de respuestas no reconocidas se debe a que muchas de las solicitudes carecían de pertinencia.

**Experiencias del usuario**

Las opiniones de la interacción con el agente se clasificaron de la siguiente manera:

**Utilidad del agente conversacional**

Dado que el agente está orientado a la tarea,

■ **Tabla 6. Comportamiento de *Codebot* en las fases I y II.**

Table 6. *Codebot* behavior in phases I and II.

Respuesta	Resultados (fase I)		Validación (fase II)	
	n	%	n	%
Correcta	330	52.8	554	88.64
Incorrecta	3	0.5	0	0
No reconocidas	292	46.7	71	11.36
Total	625	100	625	100

■ **Tabla 7. Clasificación de solicitudes no reconocidas por el agente.**  
 Table 7. Classification of requests not recognized by the agent.

Fuera de tema	Incongruentes	Añadir en Codebot
¿Qué es un puntero sobre otro puntero?	¿Cuál es el significado de la anidación base del arreglo?	¿Para qué sirve la programación?
¿Cuál es la diferencia entre memoria de asignación mallo y callo ?	¿Cuál es la ventaja de declarar nulos los indicadores?	¿Cuándo se utiliza la sentencia if?
¿Para qué sirve la palabra clave auto?	¿Qué es un recordatorio para el 5.02 %?	¿A qué te refieres con secuencia lógica?
¿Qué es un puntero colgante?	¿Qué operador se utiliza para recibir el número variable de argumentos de una función?	¿Cuál es la diferencia entre incluir el archivo de encabezado con llaves angulares < > y comillas dobles?
¿Cuál es el propósito del especificador de almacenamiento externo (extern storage specifier)?	¿Cuál es el valor por defecto de más variables locales y globales?	¿Qué es una variable estática?
¿Cómo podemos determinar si un archivo se abre con éxito o no usando la función fopen?	¿En cuántas condiciones se dividen las estructuras condicionales?	¿Se puede compilar un programa sin la función main?
¿Qué es un binomio cuadrado?	¿Cada que un programa compila, está correcto?	¿Puede asignar una variable flotante a una variable entera larga?

■ **Tabla 8. Resultados arrojados por el instrumento de usabilidad de las fases III y IV.**  
 Table 8. Results produced by the usability instrument of the base III and IV.

Atributo para evaluar	Buena	Insuficiente	No cumple
<b>Fase III</b>			
Ortografía	100 %	0 %	0 %
Respuestas	80 %	13.3 %	6.7 %
Flujo del chat	93.3 %	6.7 %	0 %
Calidad de la información	86.7 %	13.3 %	0 %
Bienvenida	93.3 %	0 %	6.7 %
<b>Fase IV</b>			
Ortografía	90.3 %	9.7 %	0 %
Respuestas del chatbot	64.5 %	32.3 %	3.2 %
Flujo del chat	77.4 %	19.4 %	3.2 %
Calidad de la información	77.4 %	22.6 %	0 %
Bienvenida	90.3 %	3.2 %	6.5 %

■ **Tabla 9. Comportamiento de Codebot.**  
 Table 9. Codebot behavior.

Pruebas	<b>Fase I</b>	
	Estudiantes de 5° y 7° semestre evaluaron el comportamiento del bot.	52.8 % respuestas correctas 0.5 % respuestas incorrectas 46.7 % respuestas no reconocidas
	<b>Fase II</b>	
	Se robusteció la base de conocimiento del bot de acuerdo con los resultados de la fase I. Se replicaron las solicitudes de la fase I.	88.64 % repuestas correctas 0 % respuestas incorrectas 11.36 % respuestas no reconocidas
	<b>Fase III</b>	
	Estudiantes de segundo semestre que aprobaron el curso de programación I evaluaron el comportamiento del bot.	74 % respuestas correctas 1 % respuestas incorrectas 25 % respuestas no reconocidas
<b>Fase IV</b>		
Usuarios del estudio interactuaron con el bot.	70 % respuestas correctas 0 % Incorrectas 30 % respuestas no reconocidas	

es relevante su calidad pragmática, en la Tabla 10 se listan las percepciones de algunos usuarios con respecto a la utilidad de *Codebot* y se explica el proceso que se ha seguido en cuanto a lo mencionado por el usuario.

**Mejoras que se le añadieron a la versión actual**

A *Codebot* se le agregaron contextos con el objetivo de que el estudiante siga explorando el tema de su interés. Esta mejora es con el fin de proporcionar al usuario una impresión de continuar el mismo flujo de la conversación. Además de dotar al agente conversacional de habilidades sociales. En la Tabla 10 se recupera el comentario de un usuario que se percató de la mejora añadida a *Codebot*.

**Experiencias negativas con el agente**

Se incluyeron experiencias negativas de algunos usuarios con el agente (Tabla 10).

**DISCUSIÓN**

Los hallazgos obtenidos demuestran la eficiencia de *Codebot*, con un 70 % de respuestas satisfactorias y un 30 % de solicitudes no reconocidas, las cuales no se encontra-

ban en la base del conocimiento del agente, dado que el objetivo de aprendizaje sólo implicó el temario de programación I. Sin embargo, se hace necesario continuar con estudios que evalúen las características, roles y criterios suficientes sobre la creación del agente conversacional.

El diseño del *Codebot* está orientado al apoyo en el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de LISC de la FCI de la UNACAR, para lo cual la zona de desarrollo próxima (ZDP) explicada por Vygotsky, es fundamental en el sujeto que aprende, pues la apropiación de un sistema simbólico requiere la existencia de utilizar sistemas previos como referente para el dominio del sistema en formación (Corral, 2001).

Como se puede apreciar en este trabajo, se realizaron varios conjuntos de pruebas, que permitieron robustecer en cada una de ellas la base de conocimiento del agente. Hecho que concuerda con Fornell-Haugeland y col. (2022), quienes argumentaron que los agentes desarrollados requieren robustecer continuamente su base de conocimiento.

■ Tabla 10. Experiencia del usuario con *Codebot*, experiencias respecto a mejoras añadidas y experiencias negativas.

Table 10. User experience with *Codebot*, experience regarding added improvements and negative experiences.

Usuario	Percepción	Observación
U-10	“Le faltan algunas definiciones y precisión al momento de la búsqueda de conceptos o ejercicios; esto no impide que no sea útil para los alumnos que estén cursando la materia de programación I, ya que, a mí me hubiera sido de muchísima ayuda en algunos conceptos o definiciones que no tenía 100 % claras, o se me complicaban”	En cada fase del agente se llevaron a cabo una serie de pruebas funcionales con el fin de identificar solicitudes no reconocidas por el agente y así robustecer su base de conocimiento.
U-11	“Me gustaría que el chat-bot abra un poco más, de que no solo contesta preguntas de programación I me gustaría que abarcara todos los temas de la ING ISC, ya que es de mucha utilidad”.	En un futuro se espera que el agente conversacional sea capaz de abordar todos los temas del lenguaje C.
U-13	“Te puede responder preguntas específicas, para cualquier alumno de primer semestre se le hará una herramienta muy fácil para estudiar y atender sus dudas en cualquier momento”	La finalidad del agente es responder preguntas específicas de los estudiantes con el fin de que se convierta en una herramienta útil para los estudiantes del curso de programación I.
<b>Mejoras añadidas</b>		
U-14	“Quiero agregar que me agradó mucho el hecho de que en algunos casos me hacía sugerencias sobre lo que podría preguntar a continuación”	La finalidad es que el estudiante profundice en el tema abordado a través de un acompañamiento del agente conversacional.
<b>Experiencias negativas</b>		
U-17	“Alguien que empiece la carrera de programación no va a entender lo que va a preguntar, el bot no suele brindar el temario para saber que preguntar, entonces es una gran falla, ya que lo vuelve muy confuso para nuevos usuarios”	En la página de la red social donde reside el agente se publicó una imagen con los temas que aborda el agente. Los estudiantes se enfocaron únicamente a interactuar con el agente. Sin embargo, se pretende que el agente conversacional visualice en formato imagen los temas que éste aborda cuando el usuario lo solicite.
U-15	“El bot es muy seco, en la mayoría de las ocasiones se basa en responder preguntas específicas que con un poco de indirecta se pierde el sentido y responde cosas erróneas. Le hace falta mucha más variedad del lenguaje de C. Le hace falta información de libros trabajada y certificada”	Algunos resultados de investigaciones han arrojado que, para mejorar la experiencia del usuario en el uso del agente, éste debe poseer habilidades sociales, por lo que se han considerado añadir más contextos. Respecto a la variedad del lenguaje C, por el momento el agente está entrenado con los temas abordados en el curso de programación I.
U-16	“Algunas veces no reconoce la pregunta que se le hace y tengo que poner simplemente el nombre del tema...o cofunde la información”	El agente está entrenado para responder dudas específicas de los temas abordados en el curso de programación I.

La herramienta diseñada e implementada por estudiantes de la UNACAR, que apoya el contenido temático completo del curso de programación I, enfocado en la enseñanza del lenguaje C a nivel básico, obtenida de la elaboración del *Codebot*, demuestra su relevancia, ya que se encontraron diferencia de otros chatbots, que tienen como tema de enseñanza otros lenguajes de programación como Coding tutor (Hobert, 2019) y e-Java (Mad-Daud y col., 2020) que trabajan con lenguaje java, o Python-bot (Okonkwo y Ade-Ibijola, 2022) cuyo lenguaje tratado es Python.

En cuanto al lenguaje C, solo se encontró C-BOT (Soares y de-Freitas, 2022) un chatterbot que comparte conocimiento acerca de conceptos del lenguaje de programación C, aunque los autores no mencionan cuáles son y solo se ilustra la recursividad, también implementan prueba del conocimiento de los estudiantes acerca de la funcionalidad de los algoritmos de búsqueda binaria y el ordenamiento *quick sort*, temas que quedan fuera del alcance del contenido temático del curso de programación I, además de que el lenguaje con el que se interactúa con C-BOT es portugués y no se encuentra disponible para su uso.

## CONCLUSIONES

El diseño e implementación de un agente conversacional, para atender dudas puntuales so-

bre temas que se abordan en un curso de programación básico, permitió a los estudiantes de nivel licenciatura contar con una base de datos que les aporta conocimiento para facilitar y mejorar su aprendizaje del lenguaje C de manera satisfactoria. La incorporación de un agente conversacional, como herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, mejoró la experiencia de los estudiantes en la adquisición de la competencia de programación. Es conveniente establecer la factibilidad y eficiencia de utilizar este tipo de apoyo tecnológico interactivo para el desarrollo de otras competencias, habilidades y conocimientos, en los estudiantes universitarios.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte de los resultados que se obtuvieron del proyecto con número de registro CAIPI/2022/05 denominado “Agente conversacional como herramienta de apoyo para el aprendizaje de cursos: Caso Programación I de la FCI-UNACAR” registrado ante el Departamento de Investigación y Posgrado de la UNACAR. Se agradece a las autoridades universitarias por brindar el apoyo para financiar el proyecto.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Abdullah, A. (2021). Intelligent college enquiry chatbot using tensorflow. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 08(01).
- Ait-Baha, T., El-Hajji, M., Es-Saady, Y., & Fadili, H. (2022). Towards highly adaptive Edu-Chatbot. *Procedia Computer Science*, 198(2022), 397-403. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.260>
- Allouch, M., Azaria, A., & Azoulay, R. (2021). Conversational Agents: Goals, Technologies, Vision and Challenges. *Sensors*, 21(24), 8448. <https://doi.org/10.3390/s21248448>
- Alonso-Berenguer, I. (2021). Sistema Básico de Habilidades para la Algoritmización Computacional. *Revista de Investigación, Formación y Desarrollo: Generando Productividad Institucional*, 9(1). <https://doi.org/10.34070/rif.v9i1.255>
- Ascencio-Jordán, E. y Gil-Mateos, J. E. (2023). Enseñanza de la programación: ¿Nueva didáctica o una didáctica diferente? [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v42n3/0257-4314-rces-42-03-18.pdf>. Fecha de consulta: 30 de abril de 2024.
- Astruga, J. A. (2021). Propuesta metodológica para el análisis y diseño de chatbots basados en texto, en *Repositorio Documental*. Universidad de Valladolid. [En línea]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50064>. Fecha de consulta: 30 de abril

de 2024.

Ayala-Cadena, C. O. y Aguilar-Juárez, I. (2023). La enseñanza de la programación mediante software educativo especializado y los agentes conversacionales. *Interfases*, 17(017), 170-186. <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n017.6337>

Bal, S., Singh, A. K., Prakash, S., Kumar, S., Ghosh, B., Roy, P., & Mandat, L. (2022). An Intelligent Chatbot for Admission System of an Educational Institute and Prediction of User Interest in Taking Admission. *Book Applications of Machine Intelligence in Engineering*. CRC Press.

Barreto, I. C. H. C., Barros, N. B. S., Theophilo, R. L., Viana, V. F., Silveira, F. R. V., Souza, O., Sousa, F. J. G., Oliveira, A. M. B., & Andrade, L. O. M. (2021). Development and evaluation of the GISSA Mother-Baby ChatBot application in promoting child health. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26(5), 1679-1690. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021265.04072021>

Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228593520\\_SUS\\_A\\_quick\\_and\\_dirty\\_usability\\_scale](https://www.researchgate.net/publication/228593520_SUS_A_quick_and_dirty_usability_scale). Fecha de consulta: 12 de marzo de 2023.

Caldarini, G., Jaf, S., & McGarry, K. A. (2022). Literature Survey of Recent Advances in Chatbots. *Information*, 13, 41. <https://doi.org/10.3390/info13010041>

Cameron, G., Cameron, D., Megaw, G., Bond, R., Mulvenna, M., O'Neill, S., Armour, Ch., & McTear, M. (2019). Assessing the Usability of a Chatbot for Mental Health Care. In S. Svetlana, S. Bodrunova, O. Olessia-Koltsova, A. Følstad, H. Halpin, P. Kolozaridi, L. Yuldashev, A. Smoliarova, & H. Niedermayer (Eds.), *Internet Science. INSCI 2018. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 121-132). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-17705-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-17705-8_11)

Cheah, C. S. (2020). Factors Contributing to the Difficulties in Teaching and Learning of Computer Programming: A Literature Review. *Contemporary Educational Technology*, 12(2), ep272. <https://doi.org/10.30935/cedtech/8247>

Chimba, L. S. (2020). Diseño de un software educativo para el aprendizaje de programación básica en el estudiantado de primer semestre de la carrera de pedagogía en informática en el periodo 2021-2022. Trabajo de titulación. Universidad central de Ecuador. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27854>. Fecha

de consulta: 12 de marzo de 2023.

Corral, R. (2001). El concepto de zona de desarrollo próximo: una interpretación. *Revista Cubana de Psicología*, 18(1), 72-76.

Essel, H. B., Vlachopoulos, D., Tachie-Menson, A., Johnson, E. E., & Baah, P. K. (2022). The impact of a virtual teaching assistant (chatbot) on students' learning in Ghanaian higher education. *International Journal Education Technology Higher Education*, 19(57). <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00362-6>

Fernández-Ferrer, M. (2023). Chatbots en educación. Tendencias actuales y desafíos futuros. Barcelona: LMI, en (*Colección Transmedia XXI*). [En línea]. Disponible en: [https://www.lmi-cat.net/sites/default/files/Chatbots\\_en\\_Educacion.pdf](https://www.lmi-cat.net/sites/default/files/Chatbots_en_Educacion.pdf). Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023.

Følstad, A. & Brandtzaeg, P. B. (2020). Users' experiences with chatbots: findings from a questionnaire study. *Quality and User Experience*, 5(3). <https://doi.org/10.1007/s41233-020-00033-2>

Fornell-Haugeland, I. K., Følstad, A., Taylor, C., & Bjørkli, C. A. (2022). Understanding the user experience of customer service chatbots: An experimental study of chatbot interaction design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 161, 102788. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102788>

Google-Cloud (2022). Documentación Dialogflow. [En línea]. Disponible en: <https://cloud.google.com/dialogflow/docs?hl=es-419>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2022.

Gupta, S. & Chen, Y. (2022). Supporting Inclusive Learning Using Chatbots? A Chatbot-Led Interview Study. *Journal of Information Systems Education*, 33(1), 98-108. <https://jise.org/Volume33/n1/JISE2022v33n1pp98-108.html>

Hernández-Pérez, M. y Llull-Céspedes, L. A. (2021). Definición de un proceso ingenieril para el desarrollo de un chatbot a partir de buenas prácticas establecidas. *Revista cubana de transformación digital*, 3(2), 90-109. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5546033>

Hobert, S. (2019). Say Hello to 'Coding Tutor'! Design and Evaluation of a Chatbot-Based Learning System Supporting Students to Learn to Program. In J. V. Brocke, A. Mitchell, & B. Tan (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS). Digital learning environment and future is curriculum* (pp. 1-17). AIS eLibrary.

Jiménez-Flores, O. J., Jiménez-Flores, J. C., Gutiérrez-Rojas, Y. V. y Jiménez-Flores, V. J. (2018). Métricas de Evaluación para Chatbots, orientadas a optimizar las experiencias de su uso en las redes sociales. *Revista Ciencia y Tecnología*, 4(Número Especial), 185-191. <https://revistas.ujcm.edu.pe/index.php/rctd/article/view/134/118>

Jones, E. A., Jimenez, C. A., Ormeño, P. I. y Poblete, N. A. (2022). Metodologías activas para la enseñanza de programación a estudiantes de ingeniería civil informática. *Formación Universitaria*, 15(3), 53-60. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000300053>

Justo-López, A. C., Aguilar-Salinas, W. E., de-las-Fuentes-Lara, M. y Astorga-Vargas, M. A. (2021). Uso de videos educativos en la materia de programación durante la etapa básica de ingeniería. *Formación Universitaria*, 14(6), 51-64. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062021000600051>

Lalwani, T., Bhalotia, S., Pal, A., Rathod, V., & Bisen, S. (2018). Implementation of a Chatbot System using AI and NLP. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST)*, 6(3). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3531782>

Liu, C. C., Liao, M. G., Chang, C. H., & Lin, H. M. (2022). An analysis of children' interaction with an AI chatbot and its impact on their interest in reading. *Computers & Education*, 189(104576). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104576>

Long, J., Yuan, M. J., & Lee, H. M. (2019). How to program a chatbot – An introductory project and student perceptions. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 16, 1-31. <https://doi.org/10.28945/4282>

Mad-Daud, S. H., Ibrahim-Teo, N. H., & Mat-Zain, N. H. (2020). E-JAVA Chatbot for Learning Programming Language: A Post-Pandemic Alternative Virtual Tutor. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(7). <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/67872020>

Man, S. C., Matei, O., Faragau, T., Andreica, L., & Daraba, D. (2023). The Innovative Use of Intelligent Chatbot for Sustainable Health Education Admission Process: Learnt Lessons and Good Practices. *Application Science*, 13(2415). <https://doi.org/10.3390/app13042415>

Mateos-Sánchez, M., Melo, A. C., Blanco, L. S., & García, A. M. F. (2022). Chatbot, as Educational and Inclusive Tool for People with Intellectual

Disabilities. *Sustainability*, 14(1520). <https://doi.org/10.3390/su14031520>

Mora-Blasco, D. (2021). Desarrollo de un chatbot para la evaluación de la usabilidad y la experiencia de usuario de una plataforma web de ayuda a la decisión médica. Trabajo Fin de Grado, Universitat Politècnica de València, España.

Nandeesh, M., Nagesh, S., Amruthkumar, M., Nikhitha, G. J., & Suma, P. (2021). Real-time AI assistant for educational institutions. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 08(06). <https://www.irjet.net/archives/V8/i6/IRJET-V8I6769.pdf>

Neumann, A. T., Arndt, T., Köbi, L., Meissner, R., Martin, A., de-Lange, P., Pengel, N., Klamma, R., & Wollersheim, H. W. (2021). Chatbots as a Tool to Scale Mentoring Processes: Individually Supporting Self-Study in Higher Education. *Frontiers Artificial Intelligence*, 4, 668220. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.668220>

Nguyen, T. T., Le, A. D., Hoang, H. T., & Nguyen, T. (2021). NEU-chatbot: Chatbot for admission of National Economics University. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2(100036). <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100036>

Okonkwo, Ch. W. & Ade-Ibijola, A. (2022). Revision-Bot: A Chatbot for Studying Past Questions in Introductory Programming. *In International Journal of Computer Science*, 49(3).

Olausson, O. (2019). Master Thesis: Department of Computing Science, Umea University, Sweden. [En línea]. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1359685/FULLTEXT01.pdf>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2023.

Olmedo-Carpio, A. (2021). Análisis de Necesidades, Diseño y Desarrollo de un Chatbot para la Universidad de Sevilla. Escuela Politécnica de Sevilla, España.

Pawlik, Ł., Płaza, M., Deniziak, S., & Boksa, E. (2022). A method for improving bot effectiveness by recognizing implicit customer intent in contact centre conversations. *Speech Communication*, 143 (2022), 33-45, <https://doi.org/10.1016/j.specom.2022.07.003>.

Radziwill, N. M. & Benton, M. C. (2017). Evaluating Quality of Chatbots and Intelligent Conversational Agents. *ArXiv*, abs/1704.04579. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04579>

Ramírez-García, J. J. (2021). Estudio de la expe-

riencia de usuario en los sistemas de gestión del aprendizaje. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 12(e1358). [https://doi.org/ie\\_rie\\_re diech.v12i0.1358](https://doi.org/ie_rie_re diech.v12i0.1358)

Ren, R., Castro, J. W., Acuña, S. T., & de-Lara, J. (2019). Usability of Chatbots: A Systematic Mapping Study. *Conference: The 31st International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, 29(11n12), 1673-1702. <https://doi.org/10.18293/SEK E2019-029>.

Safitri, F., Hardini, T. I., Setiadi, R., & Mutiarsih, Y. (2021). Usability Measurement: Chatbot as a Pedagogical Support for Learning French Grammar. *Proceedings of the Fifth International Conference on Language, Literature, Culture, and Education (ICOLLITE 2021)*, 595. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211119.042>.

Soares, J. & de-Freitas, L. (2022). C-BOT: Um protótipo de chatterbot para o ensino de programação. En J. Viterbo-Filho (Ed.), *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação* (pp. 1151-1162). Porto Alegre: SBC. <https://doi.org/10.5753/sbie.2022.225711>

Suganya, T., Ashwin-Kumar, N. S., & Kavijha, R. (2020). Exploring Chatbot Implementation Methodologies used in Customer Support Industry, in *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. [En línea]. Disponible en: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F8895038620.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2022.

Zhang, J., Oh, Y. J., Lange, P., Yu, Z., & Fukuoka, Y. (2020). Artificial Intelligence Chatbot Behavior Change Model for Designing Artificial Intelligence Chatbots to Promote Physical Activity and a Healthy Diet: Viewpoint. *Journal of medical Internet research*, 22(9). e22845. <https://doi.org/10.2196/22845>



# Modelo de regresión lineal PLS-SEM para evaluar el efecto de las capacidades dinámicas en el proceso de mejoramiento de la competitividad en las empresas

## PLS-SEM linear regression model to evaluate the effect of dynamic capabilities in the process of improving competitiveness in companies

Rafael García-Martínez<sup>1</sup>, Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga<sup>2\*</sup>, Salvador Anacleto Noriega-Morales<sup>3</sup>

### RESUMEN

La innovación está correlacionada positivamente con la competitividad de las empresas. Sus conocimientos, caracterizados como sus capacidades dinámicas, influyen en la innovación y la competitividad de las mismas. El objetivo del presente trabajo fue determinar un modelo de regresión lineal, que permita determinar el impacto que las capacidades dinámicas tienen sobre la capacidad de innovación (CIn) de las empresas. Se construyó un modelo de regresión lineal multivariado en el que se estableció la relación causal de las capacidades dinámicas capital intelectual (CI); inteligencia competitiva (IC); gestión del conocimiento (GC) y capacidad de absorción (CA), con la CIn; modelo con el que se identifican cuáles son los factores críticos y su efecto sobre la CIn, en la implementación del proceso de mejora de la innovación. Dicho modelo, se construyó utilizando el método de ecuaciones estructurales, con mínimos cuadrados parciales, con una muestra de 196 empresas ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. El modelo estimado presentó una adecuada capacidad explicativa y predictiva, en la que la IC fue el factor crítico que mayor efecto tuvo sobre la CIn, seguido por la GC y el CI, mientras que CA no tuvo efecto significativo sobre la CIn. El modelo desarrollado es aplicable en la gestión e implementación de mejoras en la CIn de empresas ubicadas en la zona estudiada, y probablemente en otras regiones.

**PALABRAS CLAVE:** innovación, inteligencia competitiva, capital intelectual, gestión del conocimiento, PLS-SEM.

### ABSTRACT

Innovation is positively correlated with the competitiveness of companies. The knowledge of companies, characterized by their dynamic capabilities, influences their innovation and competitiveness. The objective of this work was to determine a linear regression model that allows determining the impact of dynamic capabilities on the Innovation Capacity (CIn) of companies. A multivariate linear regression model was built in which the causal relationship between dynamic capabilities intellectual capital (CI), competitive intelligence (IC), knowledge management (GC), and absorption capacity (CA) was established with the CIn; model with which the critical factors and their effect on CIn are identified, in the implementing the innovation improvement process. This model was built using the structural equations model, with a partial least squares method, using a sample of 196 companies in the City of Hermosillo, Sonora, Mexico. The estimated model has an adequate explanatory and predictive capacity, in which the IC was the critical factor that had the greatest effect on CIn, followed by CG and CI, while CA has no significant impact on CIn. The developed model is applicable in the management and implementation of improvements in the CIn of companies located in study zone and probably in other regions.

**KEYWORDS:** innovation, competitive intelligence, intellectual capital, knowledge management, PLS-SEM.

\*Correspondencia: e\_poblano@yahoo.com/Fecha de recepción: 7 de octubre de 2023/Fecha de aceptación: 8 de marzo de 2024/Fecha de publicación: 9 de abril de 2024.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México, C. P. 83246. <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de La Laguna, calle Sebastián Arteaga 326, colonia Álamos de San Lorenzo, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32340. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32340.

## INTRODUCCIÓN

La innovación, es un concepto, cuya implementación y desarrollo en el sector empresarial cobra cada vez mayor importancia, dado que, al acrecentar la innovación de la empresa, se incrementa su competitividad y su sostenibilidad en el mercado (Heijs y col., 2020; Morales-Guerrero y Álvarez-Aros, 2021; Zhang y col., 2023). Por lo que, el objetivo de toda empresa debe ser el aumentar la innovación dentro de ella; para lograr lo anterior, y como requisito necesario, las tomas de decisiones gerenciales deben estar orientadas a determinar, cuáles son las capacidades que estimulan y/o desarrollan la innovación (Fernández-Jardón, 2012; Mathison y col., 2022). Dentro del concepto de innovación, se identifican dos elementos distintivos y complementarios: el proceso de innovación, que consiste en el conjunto de la totalidad de las actividades o acciones que se ejecutan para lograr la innovación empresarial; e innovación, que representa el resultado del proceso de innovación (Mathison y col., 2022).

Las capacidades empresariales que estimulan y/o desarrollan la innovación, y, con ello, la competitividad en las empresas, son llamadas capacidades dinámicas. En el conjunto de estas capacidades, son dos las principales actividades de gestión a considerar al emprender actividades de innovación: la estrategia competitiva o de innovación de una empresa y las capacidades organizacionales y gerenciales utilizadas para implementar dicha estrategia (OECD/Eurostat, 2018). Las capacidades: capacidad de innovación (CIn); gestión del conocimiento (GC); inteligencia competitiva (IC); capital intelectual (CI); y capacidad de absorción (CA), son las principales capacidades dinámicas que utilizan en el proceso para implementar las estrategias de innovación. Estas capacidades dinámicas, son llamadas variables latentes o constructos, ya que no es posible medirlas directamente, y son medibles a través de indicadores, a los cuales se les denomina ítems, variables manifiestas o indicadores.

La GC es el proceso de identificar, crear, asimilar y aplicar el conocimiento organizativo pa-

ra explotar nuevas oportunidades de innovación y mejorar el rendimiento de la organización (Cabrilo, 2020). Autores como Siregar y col. (2019) y Nabi y col. (2023), entre otros, determinaron que existe una relación causal entre la GC y la CIn.

El CI, es una capacidad dinámica, considerada como un bien intangible de la empresa, en la que se consideran tres dimensiones: capital humano; capital estructural; y capital relacional, con los que es posible crear y modificar los activos y las relaciones sociales (Ali y col., 2021).

El Instituto LISA (2023) establece que la IC tiene como objetivo general hacer más competitiva a la empresa; y tiene siete objetivos secundarios principales: “proporcionar las estrategias y tácticas de los competidores directos e indirectos para anticiparse a ellos a las oportunidades; analizar toda la información disponible (interna y externa) para coadyuvar a la mejor toma de decisiones; comprender las futuras necesidades del mercado y de los clientes; identificar las tendencias del sector a nivel de producto y servicios; monitorizar las innovaciones tecnológicas que pueden provocar un cambio en el mercado; ir de la mano del departamento de seguridad: proteger la información, el conocimiento y al personal (actual y anterior) para evitar el espionaje; monitorizar las oportunidades, riesgos y vulnerabilidades a nivel político, económico y social a nivel internacional”.

La CA de una empresa, se define como la colección de habilidades que dispone una empresa para identificar la importancia de la información, asimilarla y aplicarla con fines comerciales (Cohen y Levinthal, 1990). Amir (2017) describe a la CA como la capacidad de la empresa para identificar el conocimiento externo que se requiere, y combinarlo con el conocimiento interno con el fin de aplicarlo para satisfacer las necesidades, actuales y futuras, de los clientes. Zahra y George (2002), establecen que el desarrollar y mantener la CA es vital para la supervivencia y el éxito

a largo plazo de una empresa, ya que esta capacidad puede fortalecer, complementar o reorientar la base de conocimientos de la empresa.

La CIn, es una condición que permite fortalecer la capacidad de reconfigurar los recursos que posee la organización en el campo de la innovación, como respuesta a los cambios que se presentan en el entorno en el que se desarrolla la empresa (Inków, 2020; Jalil y col., 2022). El cuantificar la CIn, le proporciona a la empresa, una base para medir su nivel de competitividad y posicionamiento dentro del mercado, y por ende, la posibilidad de sobrevivir en un mercado altamente competitivo (Escobar y col., 2017; Astudillo y col., 2018; de las-Heras y Herrera, 2021).

Calof y Sewdass (2020), Aljuboori y col. (2021), Lam y col. (2021), Poblano (2021), Silvianita y Pradana (2022), construyeron modelos de relaciones causales, en los que la CIn aparece como variable endógena y como variables exógenas: una, dos o hasta tres de las capacidades dinámicas IC, CI, CA y GC, es decir, dichos autores, no incluyen al menos a una de estas cuatro variables exógenas en los modelos considerados. En la literatura revisada, no se encontró ningún modelo que contemple la relación causal para esas cinco capacidades dinámicas.

Los administradores de las empresas, en las que se gestiona el mejoramiento de la innovación, en la que están presentes estas cinco capacidades dinámicas, deben decidir cuántos recursos asignar a cada una de ellas con el fin de optimizar el proceso. El conocer, cuánto valor se incrementa en la innovación, por cada unidad que se eleve el valor en cada capacidad dinámica, es una información útil para los tomadores de decisiones, ya que, los recursos deben ser asignados a aquellas capacidades cuyo aumento en su valor, generen un mayor aporte al incremento en la CIn de la empresa. Dicha información, se puede obtener mediante una estimación del modelo de regresión lineal multivariante, don-

de se considera a la CIn como endógena y a CI, IC, GC, y CA como exógenas. Es importante incluir las cuatro variables exógenas, ya que al excluir una de ellas puede ocurrir que la decisión sobre a cuál capacidad a la que se le asigne recurso, puede resultar no óptima: dado que precisamente esta(s) capacidad(es) dinámica(s) ignorada(s) en el modelo, es(son) la(s) que mayor beneficio genere(n) en la innovación; o que esta(s), genere(n) un mayor beneficio o crecimiento en la innovación, a través del efecto indirecto sobre el resto de las variables exógenas (Chen y col., 2018).

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un modelo de regresión lineal multivariado que permitiese establecer la magnitud del efecto que tienen las capacidades dinámicas IC, CI, GC, CA (variables exógenas) en la capacidad dinámica CIn (variable endógena) de las empresas, identificando los factores críticos y su efecto en la innovación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología

Se utiliza con un enfoque cuantitativo, con alcance correlacional. El diseño de la investigación es de tipo observacional; y es transeccional o transversal de tipo correlacional-causal.

### Validación de contenido del instrumento de medición

El Instrumento de Medición (IM), incluye cinco variables latentes o constructos de naturaleza reflexiva: CIn, GC, IC, CI, y CA, y cada una de ellas consta, respectivamente, de cinco, seis, cinco, siete y cuatro ítems. Los ítems pertenecientes a las primeras cuatro variables latentes, son traducidos y adaptados de Poblano (2021), mientras los ítems correspondientes al constructo CA, son traducidos y adaptados de los trabajos presentados por: Nazarpoori, 2017, Popescu y col., 2019, Miroshnychenko y col., 2021 y Müller y col., 2021. La validación de contenido del IM, se somete a la valoración de un grupo de cinco expertos en el área, quienes evalúan cuatro rubros: suficiencia, relevancia, claridad y coheren-

cia (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008). Después de que los expertos emiten su juicio, se cuantifica el grado de acuerdo entre ellos en sus valoraciones para cada uno de estos cuatro rubros, para ello se prueban cuatro hipótesis nulas  $H_0$ : existe concordancia entre los jueces en la valoración de la: suficiencia; relevancia; claridad; y coherencia, lo cual se lleva a cabo con la prueba de Friedman, con un nivel de significancia  $P = 0.05$ . Los ítems correspondientes y sus respectivas codificaciones considerados en el IM, se muestran en la Tabla 1.

### Definición, análisis y validación de la muestra

#### Definición y análisis

El tamaño de la muestra fue de 196 empresas ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, a las cuales se les aplicó el IM, y para cada ítem se utilizó una escala de medición Likert del 1 a 5, donde el 1, representa estar totalmente en desacuerdo y el 5, representa estar totalmente de acuerdo. La recolección de la muestra se llevó a cabo por el método de conveniencia, mediante una encuesta de manera presencial, a la persona con más alta jerarquía, de cada una de estas empresas, que estuviera en condiciones, en cuanto al conocimiento necesario dentro de la empresa para responder el IM. La información que se recopiló, no es información crítica o confidencial de las empresas, y es por ello, que no fue necesario establecer acuerdos de confidencialidad con los entrevistados, a quienes, se les hizo énfasis que, en este IM no había respuesta correctas ni incorrectas, por lo que se les invitaba a contestarlo lo más apegado a la realidad. Se asumió que la muestra era homogénea, es decir, no posee heterogeneidad observada, ni no observada, esta suposición se plantea debido a que en la literatura no se considera variable alguna, que pueda generar estratos o conglomerados en la población.

Caballero (2006) y Hair y col. (2011), establecieron que el tamaño mínimo de la muestra debe ser igual al valor más alto que resulte de: a) multiplicar por 10 la cantidad de varia-

bles latentes en el modelo, que en este trabajo fueron 5; o b) del número total de ítems de la variable latente con mayor cantidad, que fueron 7. En este estudio su multiplicación correspondería a 50 y 70, respectivamente, por lo que este último, sería el tamaño mínimo de la muestra a considerar. Por otro lado, acorde al criterio del método recomendado por Kock y Hadaya (2018), de la raíz cuadrada inversa del tamaño de la muestra ( $n = 196$ ), se obtiene que 0.202 es el valor mínimo para que los parámetros estimados del modelo de regresión lineal, sean significativos a un nivel del 5 %, y con una potencia de prueba de hipótesis de al menos del 80 %.

#### Validación

Para la validación de la muestra se trabajó con tres fases: primera, eliminación de datos atípicos, este tipo de datos son eliminados de la muestra, si el valor numérico de su distancia de Mahalanobis, calculada con la función Mahalanobis del software RStudio, versión 4.3.2. (2023-10-31 ucrt), es mayor que el valor del percentil 97.5 de la distribución chi cuadrada con 27 grados de libertad; segunda, aplicación del criterio de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), valor que se calcula con la función KMO del paquete *psych* del software RStudio, versión 4.3.2. (2023-10-31 ucrt), el cual, establece que los datos de la muestra son apropiados para usarlos en análisis factorial, si el valor del KMO  $\geq 0.70$ ; tercera, prueba de esfericidad de Bartlett, aquí se pone a prueba, la hipótesis nula en la que se afirma que la matriz de varianzas covarianzas de los datos de la muestra, es igual a la matriz identidad, lo cual implica una nula correlación entre las variables de la base de datos de la muestra. El nivel de significancia que se usa para esta prueba de hipótesis es del 5 %, dicha prueba de hipótesis se ejecuta con la función *cortestbartlett* del paquete *psych* del software RStudio, versión 4.3.2 (2023-10-31 ucrt).

#### Construcción del modelo de regresión lineal multivariante o modelo estructural

La construcción del modelo estructural, se llevó a cabo en cinco etapas: primera, se eva-

■ **Tabla 1. Variables latentes, ítems y su codificación, considerados en el IM.**  
 Table 1. Latent variables, items and their coding, considered in the IM.

Variable latente	Ítems	Codificación
Capacidad de innovación (CIn)*	Promueve la generación de ideas, obteniendo al menos una nueva idea de manera periódica.	CIn1
	Promueve la generación de nuevos conceptos y obtiene al menos un nuevo concepto a ser llevado a cabo de manera periódica.	CIn2
	Promueve la generación de productos y obtiene al menos un producto nuevo o mejorado para su realización de manera periódica.	CIn3
	Promueve la generación de procesos y obtiene al menos un proceso nuevo o mejorado de manera periódica.	CIn4
	Promueve la generación de propiedad intelectual (patentes, marcas, etc.) y obtiene al menos un registro de manera periódica.	CIn5
Gestión del conocimiento (GC)*	Promueve la creación del conocimiento que pueden generar los individuos, organizaciones o grupos.	GC1
	Analiza y selecciona la información que se llega a generar por parte de los individuos, organizaciones o grupos.	GC2
	Cuenta con manuales, procedimientos y/o fuentes donde sea fácil encontrar datos estructurados adecuadamente.	GC3
	Tiene mecanismos para traducir el conocimiento de manera que pueda ser transmitido de distintas formas: por ejemplo, informes, bases de datos, entre otros.	GC4
	Desarrolla actividades encaminadas a favorecer una dispersión inteligente de la información, esto es, la transferencia interna y externa.	GC5
	Lo importante está en representar el conocimiento de forma que quede accesible y entendible para todos los miembros de la organización.	GC6
Capacidad de absorción (CA)**	Cuenta con prácticas de adquisición de conocimientos sobre los nuevos productos/servicios dentro de la industria.	CA1
	Implementa prácticas para la integración de diferentes fuentes y tipos de conocimiento.	CA2
	En la empresa, las ideas y los conceptos se comunican de forma interdepartamental.	CA3
	La dirección hace hincapié en el apoyo interdepartamental para resolver los problemas.	CA4
Inteligencia competitiva (IC)*	Realiza reuniones de planeación estratégica para definir información importante del entorno de la empresa.	IC1
	Realiza reuniones de planeación estratégica para definir cómo obtener información del entorno.	IC2
	Recolecta la información relevante del entorno de forma sistemática.	IC3
	Analiza la información del entorno para generar reportes con información estratégica.	IC4
	Proporciona formación y desarrollo al personal encargado de definir, buscar, analizar y generar información estratégica.	IC5

continúa...

Capital intelectual (CI)*	Considera el nivel académico/profesional del personal para su contratación y promoción.	CI1
	Proporciona capacitación y desarrollo a su personal de acuerdo con las competencias requeridas en la función a desempeñar.	CI2
	Promueve la cultura de compartir conocimiento entre su personal.	CI3
	Conoce el capital humano con el que cuenta la empresa (sistema de información del personal).	CI4
	Promueve la participación del personal en las actividades de mejora e innovación.	CI5
	Proporciona capacitación para la gestión de la innovación.	CI6
	Mantiene relaciones con sus clientes y proveedores para la mejora de procesos y productos.	CI7

Fuente: \*modificada a partir de Poblano (2021); \*\*adaptada a partir de: Nazarpoori (2017), Popescu y col. (2019), Miroshnychenko y col. (2021), Müller y col. (2021).

luó la calidad del IM o del modelo “outer”, para lo cual, se debe cumplir que el IM es confiable y válido; segunda, se construyó el modelo de regresión lineal o modelo “inner”, por ello, se estimaron y validaron los valores del modelo; tercera, se determinó la bondad de ajuste del modelo, en donde se midió su capacidad explicativa y predictiva; cuarta, se evaluó la colinealidad de las variables latentes; quinta, se determinó la presencia de heterogeneidad no observada (Hair y col., 2011; 2012; Ghasemy y col., 2020).

### Determinación de la confiabilidad y validez del IM

#### Confiabilidad

Se establece que el IM es confiable, si los valores numéricos de las cargas factoriales de cada ítem del IM, y de los indicadores alfa de Cronbach y rho de Dillon-Goldstein, para cada variable latente del IM es  $\geq 0.070$  (Aldás y Uriel, 2017).

#### Validez

Se dice que el IM tiene validez si posee: validez convergente, esto ocurre cuando el valor numérico del Promedio de la Varianza Extraída (AVE, por sus siglas en inglés: Average Variance Extracted), para cada variable latente del IM es  $\geq 0.50$ ; validez discriminante, si se cumple el criterio de Fornell y Lacker, el cual

ocurre si, el valor de la correlación para cualquier pareja de variables latentes, es menor que el valor de la raíz cuadrada del AVE de cada una de las parejas de estas variables (Aldás y Uriel, 2017).

### Construcción y validación del modelo estructural

#### Estimación de parámetros

Las ecuaciones lineales (1), (2), (3), y (4), representan el modelo de regresión lineal multivariante propuesto.

$$CIn = k_1 IC + k_2 CI + k_3 GC + k_4 CA \tag{1}$$

$$CA = k_5 IC + k_6 CI + k_7 GC \tag{2}$$

$$CI = k_8 IC \tag{3}$$

$$GC = k_9 IC \tag{4}$$

Los valores numéricos de los parámetros  $k_i$  ( $i = 1, 2, 3, \text{ y } 4$ ) corresponden a la magnitud con la que varía, acorde al signo de  $k_i$ , el valor de la CIn. Por ejemplo, si el valor numérico de  $k_1$  es igual a 0.875, esto es un indicador de que por cada unidad en que se incrementa el valor de la IC, el valor numérico de la CIn se incrementa en 0.875 unidades; dicha información es importante para los administradores de las empresas que decidan implementar un proceso para el mejoramiento de la CIn en la empresa, ya que este modelo le permite visualizar cuál de esas cuatro

capacidades dinámicas tiene un mayor efecto en el incremento en el valor de la variable CIn. Situación similar representan los valores de los parámetros  $k_i$  ( $i = 5, 6, 7$ ),  $k_g$ , y  $k_{g'}$ , respectivamente, para las variables endógenas CA, el CI, y la GC, de las ecuaciones (2), (3), y (4).

Para estimar y validar los valores numéricos de los parámetros  $k_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ), se utilizó el método de Modelos de Ecuaciones Estructurales, con Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-SEM, por sus siglas en inglés: Partial Least Squares Structural Equation Modeling), el cual tiene las siguientes características: no requiere que las variables latentes o manifiestas del modelo, asuman alguna distribución de probabilidad; proporciona una adecuada capacidad predictiva, lo que lo convierte en una herramienta administrativa apropiada; funciona eficientemente con muestras de tamaño pequeño, en comparación con otros métodos (Hair, 2019).

La estimación de parámetros se llevó a cabo utilizando la función *plspm* del paquete PLSPM del software estadístico de acceso libre RStudio, versión 4.3.2. (2023-1031 ucrt). La validación estadística de estos parámetros, se realizó con la ejecución de la función *bootstrapping*, con 200 remuestreos, del mismo paquete estadístico, y se estableció que cada parámetro estimado es estadísticamente significativo si, el intervalo del 95 % de confianza estimado para el valor de cada parámetro, no contiene al cero (Sánchez, 2013).

### Evaluación de la bondad de ajuste del modelo estimado

Para evaluar la bondad de ajuste del modelo, se midieron dos características: la capacidad explicativa del modelo, que mide la precisión de los parámetros estimados o el porcentaje de la variación observada en la variable endógena que es explicada por sus correspondientes variables exógenas, capacidad que fue cuantificada con el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), misma que es clasificada como: baja, si  $R^2 < 0.30$ ; moderada, si  $0.30 \leq R^2 \leq 0.60$ ; alta, si  $R^2 > 0.60$ , no existe consenso en estos

rangos de clasificación, por lo que también se consideró este rango de clasificación alternativo: baja, si  $R^2 < 0.20$ ; moderada, si  $0.20 \leq R^2 \leq 0.50$ ; alta, si  $R^2 > 0.50$ . La capacidad predictiva del modelo, fue evaluada a través del indicador Pseudo Bondad de Ajuste (*GoF*, por sus siglas en inglés: Goodness of Fit) (Sánchez, 2013). La capacidad de predicción bajo este indicador, se clasifica como pequeña, si  $GoF < 0.10$ ; mediana, si  $0.10 \leq GoF \leq 0.25$ ; alta, si  $GoF > 0.25$  (Wetzels y col., 2009).

### Análisis de la heterogeneidad no observada en la muestra

El análisis de heterogeneidad, del modelo global, es un análisis que se lleva a cabo posterior al análisis estructural del modelo, y tiene como objetivo validar el supuesto de que los datos de la muestra son homogéneos, esto es determinar si no existen categorías o conglomerados en la muestra que pudieran afectar los resultados que se obtienen bajo la hipótesis de que la muestra es homogénea. En este trabajo, el análisis de heterogeneidad se ejecuta con el método Respuesta Basado en Unidades de Segmentación en SEM-PLS (REBUS, por sus siglas en inglés: REsponse Based procedure for detecting Unit Segments in PLS-PM), el cual es un algoritmo que detecta clases latentes dentro del SEM-PLS, este método, no requiere asumir distribuciones de probabilidad para las variables involucradas en el modelo, y una de sus utilidades, al descubrir estas clases, es mejorar la capacidad de predicción. La muestra se declara heterogénea, si el valor del indicador *GoF* del modelo global, es menor, al menos en un 25 %, que el valor del Índice de Calidad Grupal (GQI, por sus siglas en inglés: Group Quality Index) (Vincenzo y col., 2010). El valor de numérico de GQI se obtiene con la función *rebus.pls*, de la función *plspm* del software de acceso libre RStudio, versión 4.3.2. (2023-1031 ucrt).

## RESULTADOS

### Análisis y adecuación de la muestra

#### Análisis

En la Tabla 2, se presenta el número de empresas entrevistadas, de acuerdo al sector eco-

■ **Tabla 2. Características de la muestra por sector y tamaño de empresa.**

Table 2. Characteristics of the sample by sector and company size.

Sector	Grande	Mediana	Pequeña	Total
Servicios	27	17	9	53
Manufactura	85	31	27	143
Total	112	48	36	196

nómico al que pertenecen y por su tamaño o número de empleados que laboran en ella, en donde, el 73 % corresponde al sector manufactura y el 27 % restante al sector servicio; por otro lado, el 57.1 % de ellas son clasificadas como grandes empresas, mientras que el resto, el 42.9 % son clasificadas como Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES).

### Adecuación

La adecuación de la muestra, se evaluó en tres etapas: primera, de los 196 datos de la muestra, se identificaron y eliminaron 18 datos atípicos, por lo que el análisis final se llevó a cabo con una muestra de 178 datos, donde el valor de cada variable latente es  $\geq 0.212$ , resultó significativa al nivel del 5 %, y con una potencia de prueba de hipótesis del 80 %; segunda, el valor del KMO para estos 178 datos es igual 0.82, lo cual implica que los datos son útiles para análisis de correlación; tercera, en la prueba de hipótesis de la esfericidad de Bartlett, el valor de la variable aleatoria chi cuadrada con 406 grados de libertad genera un “p-value” con valor a 0.000 04, por lo que, con un nivel de significancia del 5 %, se rechaza la hipótesis nula que establece que, la matriz varianza covarianza de los datos de dicha muestra es igual a la matriz identidad. De los resultados anteriores, se llegó a comprobar que la muestra es adecuada para analizarse a través de los modelos de ecuaciones estructurales.

### Análisis descriptivo de los ítems y las variables latentes del IM

Los valores más bajos de la media aritmética corresponden a los ítems de la variable latente CIn. Los valores mínimos y máximos

para cada uno de todos los ítems del IM, son iguales a 1 y 5. Los valores de los cuartiles 1 y 3 para los ítems de la variable latente CIn, son, respectivamente, igual a 1 y 5, y los valores correspondientes para las cuatro variables latentes restantes, son de 3 a 5, lo que implica que la varianza en la variable CIn, es mayor que la variable correspondiente al resto de las variables latentes IC, CI, GC y CA. Para cada uno de dichos ítems, no fue posible afirmar que sigan una distribución normal, dada la diferencia entre los valores de la media aritmética, la moda, y la mediana (Tabla 3).

Las variables latentes del IM presentaron valores estandarizados pertenecientes al intervalo de números reales [- 3.3], y sus rangos intercuatílicos  $\geq 1$ , esto último, aunado al hecho de que, los valores de la media aritmética, la moda, y la mediana no coinciden, no permiten establecer que dichas variables latentes sigan una distribución normal (Tabla 4). Dado que el método de análisis PLS-SEM que fue utilizado, es un método no paramétrico, no se verificó la normalidad de estas variables.

### Determinación de la confiabilidad y validez del instrumento de medición

#### Confiabilidad

El IM es confiable, dado que se cumple con los criterios establecidos ( $\geq 70$ ) en los valores del alfa de Cronbach, del rho de Dillon-Goldstein y de la carga factorial para cada ítem (Tabla 5).

#### Validez

El IM es válido, dado que tiene validez convergente, ya que los valores del AVE para ca-

■ **Tabla 3. Valores descriptivos de los ítems del IM.**  
 Table 3. Descriptive values of the IM items.

Variable latente	Codificación	Min	Max	Mediana	Moda	Media	Q1	Q3
Capacidad de innovación (CIn)	CIn1	1	5	1	1	2.90	1	5
	CIn2	1	5	3	1	2.97	1	5
	CIn3	1	5	1	1	2.92	1	5
	CIn4	1	5	1	1	2.91	1	5
	CIn5	1	5	1.5	1	2.91	1	5
	CIn6	1	5	1	1	2.89	1	5
	CIn7	1	5	1.5	1	2.92	1	5
Gestión del conocimiento (GC)	GC1	1	5	4	4	4.01	3	5
	GC2	1	5	4	5	3.82	3	5
	GC3	1	5	4	5	3.96	3	5
	GC4	1	5	4	5	3.81	3	5
	GC5	1	5	4	5	3.75	3	5
	GC6	1	5	4	5	3.55	3	5
Capacidad de absorción (CA)	CA1	1	5	4	4	4.18	4	5
	CA2	1	5	4	5	3.96	3	5
	CA3	1	5	4	4	3.92	3	5
	CA4	1	5	4	4	3.92	3	5
Inteligencia competitiva (IC)	IC1	1	5	4	5	3.74	3	5
	IC2	1	5	4	4	3.90	3	5
	IC3	1	5	4	5	3.83	3	5
	IC4	1	5	4	5	4.07	3.25	5
	IC5	1	5	4	5	4.07	3.25	5
Capital intelectual (CI)	CI1	1	5	4	5	3.83	3	5
	CI2	1	5	4	4	3.91	3	5
	CI3	1	5	4	5	3.86	3	5
	CI4	1	5	4	5	4.09	3	5
	CI5	1	5	4	4	3.90	3	5
	CI6	1	5	4	5	3.87	3	5
	CI7	1	5	4	5	3.99	3	5

■ **Tabla 4. Valores descriptivos de las variables latentes del IM.**  
 Table 4. Descriptive values of the latent variables of the MI.

Variable latente	Min	Max	Mediana	Moda	Media	Q1	Q3
CIn	- 0.987	1.066	- 0.690	- 0.978	0	- 0.978	1.066
GC	- 2.78	1.069	0.261	0.994	0	- 0.604	0.895
CA	- 2.392	0.994	0.001	1.145	0	- 0.698	0.994
IC	- 2.920	1.057	0.256	1.057	0	- 0.653	0.846
CI	- 2.785	1.069	0.215	1.068	0	- 0.604	0.895

Fuente: elaboración propia

■ **Tabla 5. Valores de confiabilidad, validez, capacidad explicativa y predictiva.**  
 Table 5. Reliability, validity, explanatory and predictive capacity values.

	Ítem	Carga factorial	Alfa	rho	AVE	R <sup>2</sup>	GoF
IC	IC1	0.908	0.930	0.947	0.781	n. a.	0.659
	IC2	0.885					
	IC3	0.913					
	IC4	0.856					
	IC5	0.856					
CI	CI1	0.863	0.940	0.951	0.737	0.308	
	CI2	0.898					
	CI3	0.854					
	CI4	0.812					
	CI5	0.894					
	CI6	0.881					
	CI7	0.800					
GC	GC1	0.832	0.952	0.962	0.809	0.330	
	GC2	0.897					
	GC3	0.903					
	GC4	0.888					
	GC5	0.926					
	GC6	0.945					
CA	CA1	0.711	0.892	0.927	0.763	0.780	
	CA2	0.857					
	CA3	0.951					
	CA4	0.951					
CIn	CIn1	0.995	0.999	0.999	0.992	0.692	
	CIn2	0.994					
	CIn3	0.997					
	CIn4	0.996					
	CIn5	0.996					
	CIn6	0.998					
	CIn7	0.997					

Nota: n. a. = no aplica.

da variable latente es  $\geq 0.50$  (Tabla 5), y también tiene validez discriminante, dado que, el valor numérico de la correlación entre cualquier pareja de variables latentes, es  $<$  que el valor de la raíz cuadrada del que corresponde a cualquiera de estas dos variables latentes (Tabla 6). Dado que el IM es confiable y válido, se procede al análisis del modelo estructural.

**Estimación y validación del modelo estructural**

En la Tabla 7, se presentan los valores de los

parámetros  $k_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) correspondientes a las ecuaciones (1), (2), (3), y (4), que son estimados a través de los efectos directos que las variables exógenas tienen sobre la variable endógena, y validados, con un nivel de significancia del 5 %. Y se muestran en las siguientes ecuaciones:

$$CIn = 0.342IC + 0.242CI + 0.328GC \tag{5}$$

$$CA = 0.293IC + 0.230CI + 0.555GC \tag{6}$$

$$CI = 0.557IC \tag{7}$$

$$GC = 0.575IC \tag{8}$$

■ **Tabla 6. Criterio de Fornell y Lacker.**  
Table 6. Fornell and Lacker criterion.

	IC	CI	GC	CA	CIn
IC	0.883*				
CI	0.555	0.914*			
GC	0.575	0.271	0.899*		
CA	0.740	0.543	0.787	0.873*	
CIn	0.742	0.577	0.672	0.747	0.995*

\*Raíz cuadrada.

■ **Tabla 7. Valores estimados de los parámetros de las ecuaciones (1), (2), (3), y (4).**  
Table 7. Estimated values of the parameters of equations (1), (2), (3), and (4).

Parámetro	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$	$K_9$
Efecto directo	0.342*	0.242*	0.328*	0.103 <sup>ns</sup>	0.293*	0.230*	0.555*	0.557*	0.575*
Efecto indirecto	0.399*	0.024 <sup>ns</sup>	0.058 <sup>ns</sup>	0.031 <sup>ns</sup>	0.447*	0	0	0	0
Efecto total	0.741*	0.266*	0.386*	0.134 <sup>ns</sup>	0.740*	0.230*	0.577*	0.555*	0.575*

Nota: \*significativo al 5 %; ns = no significativo al 5 %.

También, en la Tabla 7, se presentan los valores de los parámetros  $k_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) correspondientes a las ecuaciones (1), (2), (3), y (4), que son estimados a través de los efectos totales que las variables exógenas tienen sobre la variable endógena, y validados, con un nivel de significancia del 5 %. Y se muestran en las siguientes ecuaciones:

$$CIn = 0.741IC + 0.266CI + 0.386GC \quad (9)$$

$$CA = 0.740IC + 0.230CI + 0.577GC \quad (10)$$

$$CI = 0.555IC \quad (11)$$

$$GC = 0.575IC \quad (12)$$

Del valor 0.741, que representa la magnitud del efecto total, que la capacidad dinámica IC tiene sobre la CIn, las cantidades 0.342 y 0.399 (Tabla 7), corresponden, respectivamente al efecto directo, y al efecto indirecto que la IC tiene sobre la CIn. El efecto directo, con referencia al modelo de regresión lineal multivariado representado por las ecuaciones (1), (2), (3), y (4), se refiere al impacto o efecto que tiene la IC, sobre la CIn, sin interactuar sobre ninguna de las restantes variables exógenas del modelo; mientras, que el efecto indirecto, es referido, en este caso,

como el efecto directo que la IC, tiene sobre el CI y la GC, el cual genera que el efecto de CI y la GC sobre la CIn se vea incrementado o amplificado como efecto de la relación lineal representados por las ecuaciones (3) y (4).

**Evaluación de la bondad de ajuste del modelo estimado**

**Capacidad explicativa del modelo multivariado estimado**

Los valores numéricos 0.692, 0.780 0.308 y 0.330 (Tabla 5), que corresponden, respectivamente a los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), para las variables endógenas de CIn, CA, CI y GC, consideradas, respectivamente, en las ecuaciones (1), (2), (3), y (4), son valores estadísticamente significativos con un nivel del 5 %. Dichos resultados numéricos, y bajo los criterios establecidos por Sánchez (2013) para los valores de este indicador, permitieron establecer que la capacidad explicativa para las ecuaciones (1) y (2) es alta. Esto implica, para el caso de la ecuación (1), que de las variaciones que se observan en la CIn, el 69.2 % de ella se explica, o se genera por efecto de las variaciones en las variables

exógenas IC, CI y GC, por lo que el incremento en los niveles o valores de estas tres variables exógenas o capacidades dinámicas, genera un incremento en la capacidad dinámica CIn. Para el caso de la ecuación (2), el 78 % de la variación en la variable endógena CA, se explica, o es atribuible, a variaciones en las variables exógenas IC, CI, y GC de este modelo. En los valores para las ecuaciones (3) y (4), los porcentajes respectivos, de la variación de las variables endógenas CI y GC, que se justifica por la variación de la variable exógena IC, es del 30.8 % y del 33.0 %, por lo que la capacidad explicativa de estas dos últimas ecuaciones se clasifica en moderada.

Con estos resultados, se considera que el modelo multivariante estimado, tiene una capacidad explicativa de moderada a alta (de acuerdo al valor de  $R^2$ : Tabla 5). Lo que a su vez lleva a establecer que los valores de los parámetros del modelo, no presentan grandes diferencias con los valores del parámetro poblacional (si se aplica a la totalidad de empresas en la región).

#### Capacidad predictiva del modelo multivariante estimado

El valor numérico del índice Pseudo bondad de ajuste (*GoF*), para este modelo de regresión lineal multivariante estimado en la presente investigación es igual 0.659 (Tabla 5), por lo que la capacidad de predicción de este modelo, es clasificada como alta, de acuerdo al criterio establecido por Wetzels y col. (2009). Dicha clasificación, implica que, si se conocen los niveles o valores de las variables exógenas IC, CI y GC, en los que están operando o que corresponden a la empresa, entonces el valor de la CIn, que se estima con el modelo lineal representado por la ecuación (1), es aproximadamente igual al valor que corresponde, al nivel de la CIn en el que opera la empresa.

La capacidad explicativa y predictiva del modelo de regresión multivariante estimado, lleva a establecer que este modelo es adecuado para representar las relaciones causales entre las capacidades dinámicas de las em-

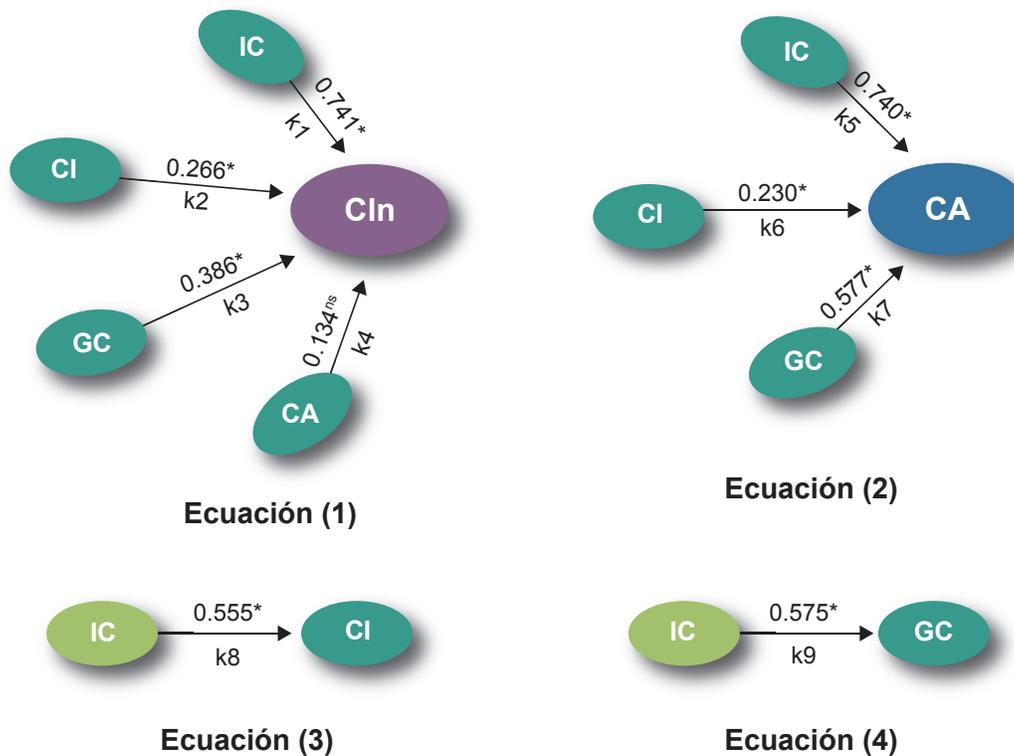
presas: CIn; IC; CI; GC. De lo anterior, se afirma que la IC, es la que mayor impacto o efecto, tiene sobre la CIn, esto como consecuencia de su efecto directo, más los efectos indirectos que genera en las capacidades CI y GC.

#### Análisis de la heterogeneidad no observada en la muestra

La aplicación de la función *rebus.pls* a la muestra determina únicamente dos posibles estratos que pudieran generar diferentes modelos de regresión lineal. De la evaluación del par de modelos de regresión que se estiman en cada uno de los estratos, el valor del Índice de Calidad Grupal es igual a 0.679, el cual, no cumple con la condición de ser mayor en al menos el 25 % del valor *GoF* del modelo global, cuya magnitud es igual a 0.659. De lo anterior, se establece que la muestra es homogénea. Lo que permite garantizar que, no existen factores de ruido o estratos que afecten el análisis estadístico al utilizar los datos de esta muestra. Lo que lleva a establecer que, ninguna variable o característica concerniente a las personas o a las empresas encuestadas, que, no fueron consideradas en el IM, por ejemplo: el tamaño de la empresa; el género de las personas que contestan la encuesta; el giro de la empresa; la antigüedad de la empresa o cualquier otra variable de esta naturaleza, no tienen efecto sobre la CIn.

## DISCUSIÓN

El efecto existente entre las diferentes variables de estudio, de acuerdo con el modelo desarrollado puede apreciarse en la Figura 1. Se observa que la IC afectó de manera directa y significativa a las capacidades dinámicas CI y GC, consideradas como variables endógenas, y calculadas con las ecuaciones (3) y (4), respectivamente. La IC, CI y la GC tuvieron un efecto moderado y significativo sobre la variable endógena CIn, de acuerdo con la ecuación (1), en tanto que la IC lo tuvo alto y significativo de acuerdo con la misma ecuación. Lo anterior contrasta con los resultados presentados por Poblano (2021) y Yuwono (2021), quienes estudiaron las relaciones causales entre la variable endógena CIn con tres variables exó-



Nota: \*significativo al 5 %; ns = no significativo al 5 %.

■ **Figura 1.** Modelo estructural que representa al modelo de regresión lineal multivariante expresados en las ecuaciones (1), (2), (3), y (4); los valores numéricos representan los valores estimados del efecto directo,  $k_1, k_2, \dots, k_9$ , con el que cada variable exógena tiene sobre su respectiva variable endógena.

Figure 1. Structural model that represents the multivariate linear regression model expressed in equations (1), (2), (3), and (4), the numerical values represent the estimated values of the direct effect,  $k_1, k_2, \dots, k_9$ , with which each exogenous variable has on its respective endogenous variable.

genas, seleccionadas de las cuatro capacidades dinámicas IC, CI, GC, y CA, incluidas en el modelo. Ambos autores determinaron que el efecto del CI sobre la variable CIn no es significativo. Tratar de explicar esta discrepancia en dichos resultados, no es una tarea trivial, ya que las posibles causales de esa diferencia pueden ser múltiples: el error aleatorio; el número y tipo de variables latentes consideradas en el modelo; diferentes instrumentos de medición; métodos de análisis estadísticos utilizados; estructuración o diseño del modelo de regresión lineal multivariante; cultura de la región geográfica de donde se obtienen los datos para el análisis; tamaño y giro de las empresas encuestadas, entre otros.

Además de las regiones geográficas donde se estima el modelo y el número de capacidades dinámicas consideradas, también es de destacar, que estos dos autores utilizan el método de Modelos de Ecuaciones Estructurales Basado en la Covarianza (CB-SEM, por sus siglas en inglés: Covariance based Structural Equation Modeling), el cual genera resultados diferentes a los resultados que se generan con el método PLS-SEM. Hair (2019), Dash y Paul (2021), Hair-Jr. y col. (2021) señalan que el método PLS-SEM, presenta, en relación al método CB-SEM, que: no requiere asumir distribución de probabilidad para las variables del modelo; funciona adecuadamente con muestras pequeñas; funcionan óptimamente para

estimar modelos complejos y genera una mayor capacidad de predicción (Figura 1).

Calof y Sew-dass (2020), Aljuboory y col. (2021), Lam y col. (2021), Poblano (2021), Silvianita y Pradana (2022), contemplaron un análisis de la relación causal, hasta en un máximo de cuatro de las cinco variables latentes. El no contemplar a alguna de esas capacidades dinámicas en el proceso del mejoramiento de la CIn, puede llevar a resultados no óptimos o deficientes, en el sentido de que, por ejemplo, puede ocurrir que la(s) variable(s) latente(s) omitida(s) como variable(s) exógena(s) en el análisis sea(n) las que mayor efecto tienen sobre la variable endógena CIn, lo cual no permite lograr el máximo mejoramiento de la competitividad de la empresa involucrada en este proceso.

La no significancia estadística de la capacidad dinámica en la CA en los modelos de regresión lineal, implica que esta capacidad, no tiene efecto alguno sobre la CIn de las empresas, lo cual coincide con los resultados que obtiene Silvianita y Pradana (2022). Las afirmaciones anteriores, contradicen a los resultados presentados por Bhadauria y Singh (2023), Laachach y Ettahri (2023) y Maleski y col. (2023), en los que establecen que la correlación entre CA y CIn, es significativa, y que, existe una alta dependencia o un alto efecto que la CA tiene sobre la CIn, de tal forma que declaran que el desarrollo de la CA es esencial para el desarrollo de la CIn. Esta discrepancia se explica por el hecho de que la significancia del efecto de la CA sobre la CIn, estuviese en función o dependiere del número de capacidades dinámicas consideradas como variables exógenas en el modelo.

## CONCLUSIONES

El modelo de regresión lineal multivariante, permitió establecer la relación causal entre las variables exógenas o predictoras IC, CI, GC, y CA con la variable endógena CIn. Es un modelo estadístico útil en la gestión e implementación del proceso de mejoramiento de la CIn de las empresas ubicadas en la ciudad

de Hermosillo, Sonora, México, dado que sus capacidades explicativa y predictiva fueron adecuadas, lo que genera confianza en la precisión y exactitud en las estimaciones del valor de la CIn, en función de los valores de las variables predictoras IC, CI, y GC. Dicha información resulta importante para asignar, de manera eficiente, los recursos para mejorar los valores de estas capacidades dinámicas. En el presente modelo, se observó que no es necesario destinar recursos para mejorar la CA, ya que esta capacidad dinámica, no tuvo efecto alguno sobre la CIn. Por otro lado, la IC, es la capacidad dinámica con mayor efecto, tanto directo como total, sobre la CIn y por cada unidad que se incrementa en el valor del nivel de la IC, el valor del nivel de la CIn, aumenta en más del doble que, cuando se incrementa una unidad en el CI o la GC. La decisión final, sobre cuál de las tres variables exógenas del modelo de regresión lineal multivariado es prioridad para asignarle recursos con el objetivo de incrementar su nivel, está en función de lo que resulta del análisis financiero que determine el costo de incrementar el nivel de cada una de tres variables exógenas, contra el beneficio que se refleja en el incremento de la variable endógena del modelo.

## AGRADECIMIENTOS

Rafael García Martínez, y Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, recibieron apoyo económico para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo por parte del Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) a través del Programa de Estancias Posdoctorales en México 22 (1).

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflictos de intereses de ningún tipo.

## REFERENCIAS

- Agostineto, R. C., Soares, T. C., Mazon, G., & Soares, S. V. (2022). Influence of intellectual capital and individual absorptive capacity on innovation performance. *Revista de Administração da UFMS*, 15, 270-289.
- Aldás, J. y Uriel, E. (2017). Análisis Multivariante Aplicado con R. Editorial Alfa-centauro.
- Ali, M. A., Hussin, N., Haddad, H., Al-Araj, R., & Abed, I. A. (2021). A multidimensional view of intellectual capital: The impact on innovation performance. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(4), 216. <https://doi.org/10.3390/joitmc7040216>.
- Aliasghar, O., Sadeghi, A., & Rose, E. L. (2023). Process innovation in small-and medium-sized enterprises: The critical roles of external knowledge sourcing and absorptive capacity. *Journal of Small Business Management*, 61(4), 1583-1610. <https://doi.org/10.1080/00472778.2020.1844491>
- Algarni, M. A., Ali, M., Leal-Rodríguez, A. L., & Albort-Morant, G. (2023). The differential effects of potential and realized absorptive capacity on imitation and innovation strategies, and its impact on sustained competitive advantage. *Journal of Business Research*, 158, 113674. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113674>
- Aljuboori, Z. M., Singh, H., Haddad, H., Al-Ramahi, M. N., & Ali, M. A. (2021). Intellectual capital and firm performance correlation: the mediation role of innovation capability in Malaysian manufacturing SMEs perspective. *Sustainability*, 14(1); 154. <https://doi.org/10.3390/su14010154>
- Amir, H. N. (2017). Survey the effects of intellectual capital and absorptive capacity on innovation capability (case study of saipa company in tehran). *International Journal of Innovation Management*, 21(03), 1750029.
- Astudillo, M. M., Solis, N. J. y Maldonado, A. R. (2018). Innovación y competitividad en sectores estratégicos. Editorial Universidad Autónoma de Guerrero, UAGro.
- Ávila, M. M. (2022). Competitive Advantage and Knowledge Absorptive Capacity: the Mediating Role of Innovative Capability. *Journal of the Knowl Economy*, 13, 185-210. <https://doi.org/10.1007/s13132-020-00708-3>
- Bhadauria, S. & Singh, V. (2023). Blending absorptive capacity with open innovation: a bibliometric review. *Benchmarking: An International Journal*, 30(4), 1110-1136. <https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2021-0111>
- Caballero, D. A. (2006). SEM vs. PLS: un enfoque basado en la práctica. En E. Abascal-Fernández, V. Diaz-de-Rada-Igúzquiza y I. Portilla-Manjón (Eds.), *IV Congreso de Metodologías de Encuestas* (pp. 57-66). Ed. Universidad Pública de Navarra.
- Cabrilo, S. A. (2020). The Role of Multidimensional Intellectual Capital and Organizational Learning Practices in Innovation Performance. *European Management Review*, 17, 1-21. DOI: 10.1111/emre.12396
- Calof, J. & Sewdass, N. (2020). On the relationship between competitive intelligence and innovation. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 10(2), 32-43.
- Chen, J., Yin, X., & Mei, L. (2018). Holistic innovation: An emerging innovation paradigm. *International Journal of Innovation Studies*, 2(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2018.02.001>
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Dash, G. & Paul, J. (2021). CB-SEM vs PLS-SEM methods for research in social sciences and technology forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121092. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121092>.
- De-las-Heras, R. C. & Herrera, J. (2021). Innovation and competitive intelligence in business. *A bibliometric analysis. International Journal of Financial Studies*, 9(2), 31. <https://doi.org/10.3390/ijfs9020031>.
- Escobar, C. A., Velandia, P. G., Archibold, W. G. y Hernández, P. E. (2017). GC e innovación en las PYME exportadoras del sector industrial en Colombia. *Revista Espacios*, 38(34).
- Escobar-Pérez, J & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6, 27-36. [http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3\\_Juicio\\_de\\_expertos\\_27-36.pdf](http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf) Fecha de consulta: 25 de octubre de 2016.
- Fernández-Jardón, C. M. (2012). Emprendedurismo y capital intelectual (Entrepreneurship and Intellectual Capital). Available at SSRN 2254791, in

*SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2254791.

Ghasemy, M., Teeroovengadum, V., Becer, J. M., & Ringle, C. M. (2020). This fast car can move faster: A review of PLS-SEM application in higher education research. *Higher education*, 80(6), 1121-1152. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00534-1>

Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing theory and Practice*. 19(2), 139-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.067>

Hair-Jr, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Mena, J. A. (2012). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the academy of marketing science*, 40, 414-433. DOI 10.1007/s11747-011-0261-6.

Hair, J. F. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European business review*, 31(1), 2-24. <http://dx.doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>

Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook* (pp. 1-197). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>

Heijs, J., Buesa, M., Vergara, D. M., Gutiérrez, M. C., Arenas, G. y Guerrero, A. J. (2020). Innovación, crecimiento y competitividad: El papel de la política tecnológica en España. editorial Funcas.

Inkóv, M. (2020). Organizational innovation capability as a result of knowledge management processes-a literature review. *Management*, 24(1), 143-156. <http://dx.doi.org/10.2478/manment-2019-0040>

Jalil, M. F., Ali, A., & Kamarulzaman, R. (2022). Does innovation capability improve SME performance in Malaysia? The mediating effect of technology adoption. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 23(4), 253-267. <http://dx.doi.org/10.1177/14657503211048967>

Laachach, A & Ettahri, Y. (2023). The effects of venture capital on firm innovation: the role of absorptive capacity. *International Journal of Business Innovation and Research*, 31(3), 407-432. <http://dx.doi.org/10.1504/IJBIR.2023.132899>

Kock, N. & Hadaya, P. (2018). Minimum sample size estimation in PLS-SEM: The inverse square root and gamma-exponential methods. *Information systems journal*, 28(1), 227-261. <http://dx.doi.org/10.1111/isj.12131>

Lam, L. Y. (2021). The Relation among Orga-

nizational Culture, Knowledge Management, and Innovation Capability: Its Implication for Open Innovation. *Journal Open of Innovation. Technology. Mark. Complex*, 1-16. <http://dx.doi.org/10.3390/joitmc7010066>

LISA Institute (2023). Inteligencia Competitiva e Innovación. [En línea]. Disponible en: <https://www.lisainstitute.com/products/curso-de-inteligencia-competitiva-e-innovacion>. Fecha de consulta: 18 de febrero de 2023.

Maleski, S., Mazieri, M. R., & Carneiro-da-Cunha, J. (2023). Investigating innovation capacity, the relationship with absorptive capacity, and impact on organizational performance. *International Journal of Technology Transfer and Commercialization*, 20(2), 235-255. <https://doi.org/10.1504/IJTTC.2023.130274>

Mathison, L., Gándara, J., Primera, C. y García, L. (2022). Innovación: factor clave para lograr ventajas competitivas. *Revista Negotium*, (7), 46-83.

Miroshnychenko, I., Strobl, A., Matzler, K., & De Massis, A. (2021). Absorptive capacity, strategic flexibility, and business model innovation: Empirical evidence from Italian SMEs. *Journal of Business Research*, 130, 670-682. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.02.015>

Morales-Guerrero, R. E., y Álvarez-Aros, E. L. (2021). Innovación abierta como acelerador de competitividad y resultados empresariales, un estudio bibliométrico. *Revista Economía y Política*, (34), 1-16. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2477-90752021000100001&lng=es&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-90752021000100001&lng=es&tlng=es)

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2021). The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models-A comparison between SMEs and large enterprises. *European Management Journal*, 39(3), 333-343. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.01.002>

Nabi, M. N., Liu, Z., & Hasan, N. (2023). Investigating the effects of leaders' stewardship behavior on radical innovation: a mediating role of knowledge management dynamic capability and moderating role of environmental uncertainty. *Management Research Review*, 46(2), 173-195. <https://doi.org/10.1108/MRR-04-2021-0276>.

Nazarpoori, A. H. (2017). Survey the effects of intellectual capital and absorptive capacity on innovation capability (case study of Saipa Company

in Tehran). *International Journal of Innovation Management*. 21(03), 1750029. <https://doi.org/10.1142/S1363919617500293>

OECD/Eurostat (2018). Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD. Publishing, Paris/Eurostat. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>

Poblano, O. E. (2021). Competitive intelligence as a factor of the innovation capability in Mexican companies: A structural equations modeling approach. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 11(2), 69-79. <https://ojs.hh.se/index.php/JISIB/article/view/JISIB>

Popescu, D. I., Ceptureanu, S. I., Alexandru, A., & Ceptureanu, E. G. (2019). Relationships between knowledge absorptive capacity, innovation performance and information technology. case study: The Romanian creative industries SMEs. *Studies in Informatics and Control*, 28(4), 463-475. <https://doi.org/10.24846/v28i4y201910>

Sánchez, G. (2013). *PLS Path Modeling with R*. Berkeley: Trowchez Editions. [En línea]. Disponible en: <http://www.gastonsanchez.com/PLS Path Modeling with R.pdf>. Fecha de consulta: 12 de junio de 2023.

Silvianita, A. & Pradana, M. (2022). Absorptive Capacity and Knowledge Management As Antecedents To Innovation Capability. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1430694/v1>. Fecha de consulta: Fecha de consulta: 10 de enero de 2023.

Siregar, Z. M. E., Suryana, E. A., Ahman, E., & Senen, S. H. (2019). Does Knowledge Management Enhance Innovation: A Literature Review. *International Journal of Scientific y Technology Research*, 8(9), 1991-1994.

Vincenzo, E. V., Laura, T., & Silvano, A. (2010). PLS Path Modeling: From Foundations to Recent Developments and Open Issues for Model Assessment and Improvement. s. In W. W. Vincenzo-Esposito Vinzi; Wynne W. Chin; J. Henseler; H. Wang (Eds.), *Handbook of Partial Least Square* (pp. 47-82). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8_3)

Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & VanOppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS quarterly*, 177-195.

Yuwono, W. (2021). Empirical analysis of intellectual capital, potential absorptive capacity, realized absorptive capacity and cultural intelligence on innovation. *Management Science Letters*, 11, 1399-1406. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2020.10.03>

Zahra, S. A. & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185-203. <http://dx.doi.org/10.2307/4134351>

Zhang, X., Chu, Z., Ren, L., & Xing, J. (2023). Open innovation and sustainable competitive advantage: The role of organizational learning. *Technological Forecasting and Social Change*, 186, 122114. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122114>



Imagen de: Leticia del Carmen Ríos Rodríguez, Zenona Jezabel Hernández Leyva, Leocadio Guadalupe Martínez Alarcón, Leonel Ruvalcaba Arredondo

# El género y su relación en las competencias digitales de los estudiantes universitarios

## Gender and its relationship to digital skills among university students

Leticia del Carmen Ríos-Rodríguez<sup>1</sup>, Zenona Jezabel Hernández-Leyva<sup>2</sup>, Leocadio Guadalupe Martínez-Alarcón<sup>2</sup>, Leonel Ruvalcaba-Arredondo<sup>1\*</sup>

### RESUMEN

La percepción y nivel de competencias digitales de los estudiantes universitarios suscitan un tema de interés actual, debido a que se ha documentado que existe una brecha digital de género. El objetivo del presente trabajo fue determinar la existencia de una brecha digital entre alumnos universitarios, de acuerdo a su percepción, por género. Se llevó a cabo una investigación cuantitativa, de corte transversal, durante febrero de 2021, para conocer la autopercepción sobre las competencias digitales que tenían los estudiantes de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), segmentándola por género: hombre, mujer y miembro de la comunidad LGBTI. Se consideraron las dimensiones Información, Comunicación y Creación de Contenidos del instrumento DIGCOMP 1.0. La prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov indicó que no se tenía distribución normal en los datos y estos se analizaron mediante la prueba estadística no paramétrica hipótesis H de Kruskal-Wallis. Los hombres y los miembros de la comunidad LGBTI se autopercebieron con mejores competencias digitales que las mujeres en el uso de ordenadores, así como en el uso de editores de video y de audio. Es conveniente determinar si esta autopercepción está asociada con una brecha digital de género en la práctica. Los resultados sugieren la necesidad de programas de intervención que mejoren las competencias digitales de la población estudiantil universitaria, con mayor énfasis en las mujeres.

**PALABRAS CLAVE:** género, competencias digitales, estudiantes.

### ABSTRACT

The perception and level of digital skills of university students is a topic of current interest, as it has been documented that a gender digital divide exists. The aim of this paper was to determine the existence of a digital divide among university students, according to their perception, by gender. A quantitative, cross-sectional research was carried out during February 2021, to know the self-perception of digital competences of the students of Autonomous University of Zacatecas (UAZ), segmenting it by gender: male, female and member of the LGBTI community. The dimensions of Information, Communication, and Content Creation of the DIGCOMP 1.0 instrument were considered. The Kolmogorov-Smirnov normality test indicated that the data were not normally distributed, and the data were analyzed using the Kruskal-Wallis H-hypothesis non-parametric statistical test. Men and members of the LGBTI community self-perceived themselves as having better digital skills than women in the use of computers. It is convenient to determine whether this was just self-perception or if there is a gender digital divide. Intervention programs are needed to improve digital skills across the entire university student population.

**KEYWORDS:** gender, digital competencies, students.

\*Correspondencia: [Lruvalcaba@uaz.edu.mx](mailto:Lruvalcaba@uaz.edu.mx)/Fecha de recepción: 9 de febrero de 2024/Fecha de aceptación: 16 de julio de 2024/Fecha de publicación: 19 de julio de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Docencia Superior, Unidad de Posgrados, torre 2, avenida Preparatoria s/n, Fraccionamiento Progreso, Zacatecas, Zacatecas, México, C. P. 98066. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Psicología, avenida Preparatoria # 301, colonia Hidráulica, Zacatecas, Zacatecas, México, C. P. 98060.

## INTRODUCCIÓN

El género del usuario puede influir en la utilización y la aceptación de la tecnología, indicando efectos en la facilidad, así como en la utilidad de su uso (Gefen y Straub, 1997), esto a su vez da origen a estereotipos de género respecto a su afinidad y empleo de las tecnologías digitales (Ferreira y col., 2021). En casi todos los países se ha reportado la existencia de una brecha de género, en lo que respecta a las competencias digitales (Perifanou y Economides, 2020). López-Martínez y col. (2021), mencionaron que las mujeres, croatas, austriacas e italianas, presentaron mayores problemas en el uso de internet. Sobieraj y Krämer (2020) documentaron que, las habilidades informáticas y conocimientos que poseían las mujeres fueron menos avanzados que la de los hombres. Al respecto, en la investigación de Ahmad y col. (2019), las alumnas de nivel secundaria contaban con un menor nivel en competencias operativas en internet, informáticas, móviles y creativas, que los alumnos varones. También, en las actividades relacionadas con las competencias digitales profesionales y avanzadas, los estudiantes varones obtuvieron mejores resultados que las estudiantes mujeres (Kaarakainen y col., 2018). Sin embargo, en el estudio realizado por Gebhardt y col. (2019a) las alumnas obtuvieron puntuaciones más altas en lectura digital que los alumnos. Por su parte, Kaarakainen y col. (2018) encontraron que, entre los estudiantes investigados, el género no mostraba diferencias significativas con respecto a las competencias digitales básicas.

En América Latina, se ha reportado que las mujeres utilizan menos el internet que los hombres (Gray y col., 2017) y mostraron un nivel de competencia digital inferior (Jiménez-Hernández y col., 2020). Los estudiantes varones de universidades de España, Colombia, México y Ecuador manifestaron mayor capacidad en la resolución de problemas técnicos y el compartir contenidos que sus compañeras, respecto al uso de Internet para el aprendizaje, mientras que las mujeres se preocuparon más por la calidad y presentación de los

trabajos académicos y fueron más prudentes a la hora de compartir contenidos (Pérez-Escoda y col., 2021).

Las mujeres tuvieron opiniones menos favorables sobre sus competencias en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) (Korlat y col., 2021), manifestando menor confianza, mientras que los hombres exageraron su rendimiento al emplearlas (Gnambs, 2021). Su menor nivel de interés y autoeficiencia en las TIC, se asoció a su percepción de incompetencia (Yu y Hu, 2022). En cambio, los hombres suelen ser menos afectados por el analfabetismo tecnológico (Kerras y col., 2020). Al respecto, Guillén-Gámez y col. (2021) encontraron que el género de profesores tenía diferencias significativas con respecto a las competencias digitales; igual que para los futuros maestros de física (Rizal y col., 2021), ya que las estudiantes eran mejores en colaboración y comunicación, mientras que, los alumnos eran mejores en la creación de contenidos digitales, competencias de manejo de datos e información. Maon y col. (2021) reportaron que, las alumnas tenían una mayor participación en redes sociales y escuchaban más música, mientras que los alumnos se interesaban más por los juegos en línea. Las competencias básicas en TIC se centran en el uso de ordenadores, ya sea para producir e intercambiar información así como participar y comunicarse en redes de colaboración (Garzón-Artacho y col., 2021). Van-Laar y col. (2020b) mencionaron que, la gestión de la información, técnicas, la gestión de la comunicación, de creatividad, colaboración, resolución de problemas y pensamiento crítico son las siete competencias básicas que se respaldan por el uso de las TIC y se reconocen como competencias digitales para usar Internet; por ejemplo, una competencia digital es que el usuario pueda limitar los resultados de datos de una búsqueda, debido a que, existe una sobreabundancia de información disponible en Internet (Van-Laar y col., 2020a).

La tecnología y la internet son competencias determinantes, especialmente para la utiliza-

ción creativa (Van-de-Werfhorst y col., 2022). La descripción de competencia digital proviene desde la visión del aprendizaje en los estudios formales, que tienen como necesidad el clasificar las aptitudes y habilidades que el individuo debe adquirir a lo largo de su vida y también consolidar en su formación académica (Garzón-Artacho y col., 2021). Son habilidades cognitivas, técnicas y sociales nuevas que requieren los usuarios para enfrentar las situaciones de día a día, debido a la proliferación de las TIC (Esteve-Mon y col., 2020). Representan la capacidad de una persona para utilizar las tecnologías digitales de forma creativa, colaborativa y crítica; además, debe tener las habilidades, la actitud y el conocimiento para que se considere que tiene competencia en un dominio determinado (Tzafilkou y col., 2022). Los factores desencadenantes de las competencias suelen ser la ubicación, la edad y el sexo (Van-de-Werfhorst y col., 2022). El conocimiento y la capacidad de acceso a la información está en función del género (García y col., 2020). Los chicos al arribar a la adolescencia expresaron usar la computadora con mayor frecuencia, así como una mejor confianza en sí mismos para su manejo, demostrando mayores competencias digitales; además, se sienten más atraídos por los dispositivos digitales que las chicas (Korlat y col., 2021). Los hombres prefirieron usar aplicaciones financieras y empresariales, mientras que las mujeres tendieron a usar aplicaciones sociales y de entretenimiento (Zhang y col., 2020). Asimismo, los estudiantes varones se consideraban más aventajados que las mujeres en la resolución de problemas, la creación de contenidos digitales, la alfabetización informacional y los conocimientos informáticos (Zhao y col., 2021). Las mujeres declararon tener una mayor familiarización con aspectos que se relacionan con la manipulación de diseño gráfico, imágenes y texto, así como hacer un uso más frecuente de los teléfonos inteligentes (Grande-de-Prado y col., 2020). Algunas investigaciones sobre las diferencias de género, en el dominio de la alfabetización digital, revelan un rendimiento ligeramente positivo para

las chicas que para los chicos (Niño y col., 2023). Las chicas tienen mayor presencia en redes sociales y los chicos utilizan más dispositivos, como los portátiles, con mayor potencia para la producción de contenidos que los smartphones (Ferreira y col., 2021). Los hombres usan el ordenador como dispositivo únicamente para descargar, navegar y hacer streaming (Grande-de-Prado y col., 2020). Según Tondeur y col. (2016), las mujeres coincidieron en tener una postura más pragmática hacia el uso del ordenador, por lo que podrían desarrollar actitudes favorables que les resulten útiles hacia su uso.

La brecha digital de género en el acceso a los dispositivos digitales y a Internet se ha manifestado en las prácticas educativas recientes, ya que el cambio a los medios en línea ha demostrado la funcionalidad de la tecnología para mejorar las oportunidades de aprendizaje (Prabhu y col., 2022). Los hombres tienden a ir por delante de las mujeres con respecto al uso de Internet en los grupos de edad, no obstante, la brecha digital de género, entre la población más joven con respecto a los de mayor edad, es menor en los últimos años (Acilar, 2020).

Las diferencias de género se han centrado en las actitudes percibidas, la capacidad, así como la visión de los jóvenes para participar en la alfabetización digital (Jones y Procter, 2023). Igualmente, el papel del género, tanto en términos de sexo biológico como de autoconcepto de rol de género, en entornos digitales de aprendizaje con prácticas de enseñanza y aprendizaje más uniformes son limitados (Korlat y col., 2021). Además, la investigación sobre la inclusión digital de las mujeres y brecha digital de género sigue siendo un tema limitado y requiere más atención a nivel internacional (Peláez-Sánchez y Glaserman-Morales, 2023). También, los estudios que exploran la relación entre empleo, la incorporación de Internet y el género son pocos (Galperin y Arcidiacono, 2021). Asimismo, las investigaciones sobre la brecha digital de género son escasas en América Lati-

na (Ancheta-Arrabal y col., 2021). Más aún, la brecha digital de género necesita mayores estudios entre las generaciones más jóvenes que están inmersos en los ecosistemas digitales (Peláez-Sánchez y col., 2023).

El auge de las TIC es un elemento potencial para reducir la brecha digital y acelerar el progreso (Hervás-Gómez y col., 2021). Pero, para analizar cómo potenciar la inclusión digital a través de la educación, primero es necesario conocer con precisión el nivel digital y de competencias actual de los estudiantes (Karakainen y col., 2018), y un aporte importante es segmentarlo por género.

El objetivo de este trabajo fue establecer la autopercepción que tienen los estudiantes respecto a sus competencias digitales e identificar si esta se ve afectada por el género.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio cuantitativo y transversal. Se aplicó, en una sola ocasión, una encuesta semiestructurada a alumnos de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Se utilizó el instrumento DIGCOMP 1.0, que aborda el tema de la brecha digital, las competencias y áreas de competencia como componentes de la e-ciudadanía (Ferrari, 2013) y utiliza criterios para comparar los grupos destinatarios, visiones de las competencias digitales y sus niveles, así como su medición y evaluación (Mattar y col., 2022).

### Desarrollo del instrumento

El instrumento aplicado contenía 13 preguntas extraídas de las Dimensiones 1, 2 y 3 del instrumento DIGCOMP 1.0 (Tabla 1). Las preguntas se validaron a través de un juicio de expertos en el tema de competencias digitales, 3 doctoras y dos doctores, miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), de los cuales 4 eran nivel candidato y 1 nivel 1, con perfiles que se enfocan a las tecnologías de la educación. Se les explicó cuál era la finalidad del instrumento, ya que, se utilizan argumentaciones de expertos para confirmar el contenido (Galicia

y col., 2017). A cada pregunta se les agregó un código de identificación o nombre de la variable (HabTech-1 al 13).

De la Dimensión 1, Información, se tomó el apartado Navegar, buscar y filtrar información, por considerarlas competencias digitales necesarias para que los estudiantes usen de modo más eficiente y eficaz la información disponible en internet para comunicarse y en actividades educativas (Soroya y col., 2021). De la Dimensión 2, Comunicación, se utilizó la parte de “Interactuar a través de las tecnologías”, “Colaborar a través de canales digitales”, así como “Compartir información y contenidos”, por considerar que la tecnología abre nuevas oportunidades a entornos de aprendizaje mejorados para que los estudiantes, en colaboración, generen, evalúen y modifiquen ideas nuevas por medio de la interacción multimodal y en línea (Selfa-Sastre y col., 2022). De la Dimensión 3, Creación de contenidos, se utilizó la sección “Desarrollar contenidos”, ya que las competencias digitales de gestión, así como filtrado, localización, planificación y organización de la información virtual y la creación de contenidos audiovisuales, son competencias necesarias para los alumnos universitarios (Vázquez-Cano y col., 2020).

Se utilizaron respuestas tipo Likert de 5 niveles: 1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = De acuerdo; y 5 = Totalmente de acuerdo (Hatlevik y col., 2015).

### Aplicación del instrumento

El instrumento se capturó en Google Forms y su enlace se distribuyó vía WhatsApp, de modo aleatorio, a los estudiantes inscritos en la UAZ en febrero de 2021. Se incluyó un mensaje solicitando que respondieran y lo compartieran con sus demás compañeros y amigos inscritos a la UAZ. Esto permitió que 1 131 estudiantes contestaran el cuestionario. La matrícula en ese periodo fue de 36 700 estudiantes, por lo que se tuvo un índice de confiabilidad de 95 %, con un error

■ Tabla 1. Descripción del instrumento indicando las dimensiones, preguntas consideradas por cada sección y nombre asignado a la variable.

Table 1. Description of the instrument indicating the dimensions, questions considered by each section and name assigned to the variable.

Sección	Pregunta	Variable
<b>Dimensión 1 – Información</b>		
Navegar, buscar y filtrar información	¿Cómo considera sus habilidades de uso de navegadores (Chrome, Mozilla, etc.)?	HabTec-4
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de buscadores académicos (Redalyc, EBSCO host, etc.)?	HabTec-8
<b>Dimensión 2 – Comunicación</b>		
Compartir información y contenidos	¿Cómo considera sus habilidades para adjuntar archivos?	HabTec-13
Interactuar a través de las tecnologías	¿Cómo considera sus habilidades de uso de computadoras (personal, laptop, etc.)?	HabTec-1
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de tabletas electrónicas (Android, iOS, etc.)?	HabTec-2
Colaborar a través de canales digitales	¿Cómo considera sus habilidades de uso de plataformas (Moodle, Classroom, etc.)?	HabTec-3
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de plataformas de videoconferencias (Google Meet, Zoom, etc.)?	HabTec-9
<b>Dimensión 3 – Creación de contenidos</b>		
Desarrollar contenidos	¿Cómo considera sus habilidades de uso de procesadores de texto (Word, Writer, etc.)?	HabTec-5
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de editores de diapositivas (PowerPoint, Impress, etc.)?	HabTec-6
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de hojas de cálculo (Excel, Calc, etc.)?	HabTec-7
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de herramientas colaborativas (documentos, presentaciones, hojas de cálculo, G-Suite)?	HabTec-10
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de editores de video (Openbroadcaster, Camstudio, etc.)?	HabTec-11
	¿Cómo considera sus habilidades de uso de editores de audio (Audacity, Expstudio, etc.)?	HabTec-12

muestral de 2.87 %, utilizando la fórmula de Cochran (1980) para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N * (Z^2 * p * (1-p))}{(e^2 * (N-1) + Z^2 * p * (1-p))}$$

Donde:

N = 36 700 (población total)

n = 1 131 (tamaño de la muestra)

Z = 1.96 (para el 95 % de confianza)

p = 0.5 (no se conoce la proporción esperada)

**Género**

En la pregunta sobre el género de los participantes se dejaron las opciones 1 = mujer, 2 = hombre y 3 = LGBTI. Con respecto al con-

cepto de mujer, se usa como expresión de género, ya que, habla de las características de las personas que conlleva la anatomía biológica de un modo menos obvio, por ejemplo, la autoidentificación o los roles sociales (Laskowski, 2020). Para el caso del término hombre se consideró como una persona del sexo masculino (Oxford Advanced Learner’s Dictionary, 2024). Para la expresión LGBTI es la abreviación de lesbiana, gay, bisexual, transexual e intersexual (Cambridge Dictionary, 2024).

La información obtenida se codificó mediante el software Libre Office Calc para su procesamiento en el programa SPSS (por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences), versión 26.

**Validación del instrumento**

Los resultados se utilizaron para realizar la prueba alfa de Cronbach, que arrojó una fiabilidad de 0.923, superior al valor de 0.70, que se considera suficiente para garantizar la fiabilidad o consistencia interna de un instrumento (Taber, 2018).

**Análisis estadístico**

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov para comprobar la bondad del ajuste de los datos a una distribución teórica y confirmar su homogeneidad (Berger y Zhou, 2014). Se observó que las frecuencias acumuladas se dividieran en frecuencias teóricas y se compararon con las frecuencias observadas para evidenciar la divergencia en las dos distribuciones (Siegel y Castellan, 1995). La prueba arrojó un nivel de significancia  $P < 0.000$  para las 13 preguntas evaluadas indicando la ausencia de normalidad, por lo que se llevaron a cabo pruebas estadísticas no paramétricas (Tabla 2). La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene indicó que existió homoestabilidad solo en 12 de las 13 variables del DIGCOMP 1.0. La variable que no tenía homocedasticidad fue ¿Cómo considera sus habilidades de uso de editores de audio? (Audacity, Expstudio, etc.) (HabTech-12) (Tabla 2).

Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, que es el análogo no paramétrico de Anova unidirec-

■ **Tabla 2. Prueba de normalidad de Kolmogórov-Sminorv y de homogeneidad de Levene.**

Table 2. Kolmogorov-Sminorv normality test and Levene homogeneity test.

Sección	Variable	Normalidad de Kolmogórov-Smirnov	Prueba de Levene
<b>Dimensión 1 – Información</b>			
Navegar, buscar y filtrar información	HabTec-4	0.000	0.753
	HabTec-8	0.000	0.057
<b>Dimensión 2 – Comunicación</b>			
Compartir información y contenidos	HabTec-13	0.000	0.557
Interactuar a través de las tecnologías	HabTec-1	0.000	0.460
	HabTec-2	0.000	0.084
Colaborar a través de canales digitales	HabTec-3	0.000	0.105
	HabTec-9	0.000	0.532
<b>Dimensión 3 – Creación de contenidos</b>			
Desarrollar contenidos	HabTec-5	0.000	0.231
	HabTec-6	0.000	0.253
	HabTec-7	0.000	0.803
	HabTec-10	0.000	0.064
	HabTec-11	0.000	0.191
	HabTec-12	0.000	0.001

cional que no hace suposiciones sobre la normalidad y se realiza en rangos sobre las medidas de observación (Hecke, 2012; Schmidt, 2012). Es útil con respuestas categóricas ordinales, que regularmente no cumplen el supuesto de normalidad (Fan y Zhang, 2012) y pueden presentar desigualdad de las varianzas (Feir-Walsh y Toothaker, 1974).

La potencia estadística, de las variables que tuvieron una significancia  $P < 0.05$ , con respecto a la variable Género, se calculó con el software G\*Power (software libre, para análisis estadístico) siguiendo los principios de Cohen (1992).

Se calculó el efecto estadístico de Eta-al cuadrado ( $\eta^2$ ) por medio del software Jamovi para las variables que expusieron codependencia. Este parámetro permite establecer el tamaño de variabilidad que es causada por efecto de la variable independiente, para la variable dependiente en un rango de 0 a 1 (Qiaoyan, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sexo reportado por los 1 131 alumnos que respondieron el DIGCOMP 1.0 indicó que en el estudio participaron 679 mujeres (60.03 %), 426 hombres (37.67 %) y 26 integrantes de la comunidad LGBTI (2.30 %).

En la Tabla 3 se muestran los resultados del análisis H de Kruskal-Wallis, usado para encontrar diferencias significativas en la percepción que tienen los integrantes de cada género sobre sus habilidades tecnológicas. Se encontró que la variable, mostró una potencia menor a 0.5. Los resultados de Eta-al Cuadrado ( $\eta^2$ ), indicaron una fuerte influencia de la variable independiente (género) sobre las dependientes, puesto que, según Cohen el efecto de 0.2 es pequeño, 0.5 mediano y 0.8 grande (Faul y col., 2007) (Tabla 3). En tanto que, los valores de Potencia ( $1-\beta$  err. prob.), que teóricamente deben variar entre 0 y 1, es deseable que estos estén por encima de 0.5, preferiblemente 0.8 (Altay y col., 2022) (Tabla 3). La potencia indica las probabilidades de cometer

errores Tipo II, que es un falso negativo o una probabilidad de no hallar diferencias en la población muestra cuando sí las hay (Ochoa y col., 2020).

Los resultados del instrumento, mostraron que los hombres e integrantes de la comunidad LGBTI se percibieron a sí mismos con mejores competencias digitales en la Dimensión 1, HabTec-4, que incluye las habilidades de uso de navegadores como Chrome y Mozilla (Tabla 3). Al respecto, se ha reportado que, los hombres tienen mayores competencias digitales que las mujeres (Coşkunserçe y Aydoğdu, 2022), lo que podría asociarse a que desde la adolescencia usan la computadora con mayor frecuencia, por lo que tienen mejor confianza en sí mismos para su manejo, y sienten más atracción por los dispositivos digitales que las mujeres (Korlat y col., 2021).

En la Dimensión 2, Comunicación, los alumnos pertenecientes a la comunidad LGTBI se percibieron a sí mismos con mejores competencias en el uso de ordenadores personales y laptops (HabTec-1), seguidos por los hombres; ambos grupos tuvieron diferencias significativas con el de las mujeres (Tabla 3); en tanto que, en el manejo de las tabletas, electrónicas (HabTec-2), fueron los hombres los que manifestaron tener mayores capacidades (Tabla 3), lo que podría deberse a que ellos utilizan más dispositivos que las mujeres, como los portátiles, con mayor potencia para la producción de contenidos que los smartphones (Ferreira y col., 2021). Lo anterior coincide con Vishnu y col. (2022), quienes encontraron que los varones presentaron puntuaciones medias más altas con respecto a las competencias digitales.

En la Dimensión 3, Creación de contenidos, los estudiantes de la comunidad LGBTI se percibieron con mayores competencias para el trabajo de edición de diapositivas con programas como PowerPoint e Impress (HabTec-6) por encima de los otros dos géneros (Tabla 3). También, en forma equiparable con

■ Tabla 3. Caja H de Kruskal-Wallis.  
Table 3. Kruskal-Wallis H box.

Sección	Variable	Género*			Prueba estadística		
		Mujer	Hombre	LGBTI	H de Kruskal Wallis Sig.	Efecto Eta-al cuadrado ( $\eta^2$ )	Potencia (1- $\beta$ err. prob.)
<b>Dimensión 1 – Información</b>							
Navegar, buscar y filtrar información	HabTec-4	3.79 ± 0.737	3.92 ± 0.753	3.88 ± 0.816	<b>0.033**</b>	0.609	0.615 5
	HabTec-8	2.83 ± 0.878	2.84 ± 0.967	2.77 ± 7.07	0.898		
<b>Dimensión 2 – Comunicación</b>							
Compartir información y contenidos	HabTec-13	3.66 ± 0.853	3.77 ± 0.898	3.77 ± 0.863	0.113		
Interactuar a través de las tecnologías	HabTec-1	3.61 ± 0.787	3.81 ± 0.855	3.88 ± 0.993	<b>0.000**</b>	0.907	0.752 0
	HabTec-2	3.54 ± 0.906	3.71 ± 0.947	3.62 ± 1.2	<b>0.002**</b>	0.834	0.349 5
Colaborar a través de canales digitales	HabTec-3	3.69 ± 0.746	3.68 ± 0.808	3.81 ± 0.749	0.667		
	HabTec-9	3.75 ± 0.736	3.77 ± 0.745	3.73 ± 0.827	0.900		
<b>Dimensión 3 – Creación de Contenidos</b>							
Desarrollar contenidos	HabTec-5	3.68 ± 0.775	3.66 ± 0.796	4 ± 0.748	0.121		
	HabTec-6	3.59 ± 0.809	3.55 ± 0.845	3.96 ± 0.824	<b>0.045**</b>	0.756	0.577 9
	HabTec-7	2.9 ± 0.916	3.03 ± 0.954	3 ± 0.894	0.163		
	HabTec-10	3.43 ± 0.778	3.47 ± 0.837	3.58 ± 0.987	0.552		
	HabTec-11	2.67 ± 0.974	2.94 ± 1.09	2.92 ± 1.26	<b>0.001**</b>	0.875	0.722 7
	HabTec-12	2.48 ± 0.091	2.77 ± 1.09	2.73 ± 1.19	<b>0.000**</b>	0.891	0.867 4

\*Se indica el valor promedio y la DE (desviación estándar).

\*\*Se indica cuando existió significancia estadística de P.

los hombres, se autopercebieron con mayores habilidades que las mujeres en el uso de editores de video (HabTec-11) y de audio (Hab Tec-12) (Tabla 3). En ese sentido, en el estudio de Rizal y col. (2021), los alumnos superaron a las mujeres en creación de contenidos digitales, competencias de manejo de datos e información. Al respecto, Wild y Schulze (2020) indicaron que los estudiantes hombres mostraron competencias digitales ligeramente mejores que las estudiantes mujeres.

Las mujeres representaron el género que se autopercebieron con menores competencias digi-

tales, lo que concuerda con Campos y Scherrer (2023), quienes indicaron la existencia de un mayor desempeño de los hombres en competencias digitales relacionadas con el pensamiento algorítmico y abstracto. Sin embargo, no implica que el sexo femenino carezca de competencias, ya que presentaron mayores habilidades digitales relacionadas con la colaboración y la comunicación, sugiriendo la posible existencia de estereotipos de género en el ámbito digital. Lo anterior también coincide con el estudio de Rizal y col. (2021), donde las estudiantes eran mejores en colaboración y comunicación. Al respecto, Gebhardt y

col. (2019b) observaron en su investigación que las estudiantes tendían a tener un rendimiento relativamente mejor en las actividades de comunicación, creatividad y diseño con respecto a la alfabetización informática e informacional. Sin embargo, los estudiantes varones mostraron mejores resultados con relación a las tareas relacionadas con la seguridad y más técnicas (Gebhardt y col., 2019b). También, los resultados obtenidos coinciden con Tondeur y col. (2016), que encontraron que las mujeres tienen, en general, una actitud menos positiva hacia los ordenadores que los hombres.

Los resultados encontrados indican que, la brecha de competencias digitales de género existe en las universidades y escuelas, similar a lo reportado por Rizal y col. (2021), de que las competencias digitales de los futuros maestros de física fueron distintas para las alumnas y alumnos. Por ello, es conveniente implementar estrategias de aprendizaje, contemplando la diferencia de género. Al respecto, Meyerhoff-Nielsen y Erhi-Makpor (2022) mencionaron que, a partir del 2010 la literatura académica recomienda reducir o eliminar la brecha digital de género, así como mejorar la inclusión digital de mujeres y niñas.

Es importante considerar las limitaciones de la investigación, que incluyeron el que no existe certeza de que todos los participantes hayan señalado su género y la desigualdad de los grupos en cuanto al número, ya que al momento de hacer comparaciones estadísticas afecta la potencia de la prueba para detectar diferencias y puede alterar los resultados. Además, que el estudio fue de autopercepción, sin comprobar las habilidades y capacidades y se realizó de corte transversal, por lo que se sugiere que, para futuras investigaciones, se considere el tipo longitudinal. La prueba Kruskal-Wallis, en casos de heterogeneidad de varianzas, dará lugar a una tasa de error de tipo I para evaluar las discrepancias en la tendencia central, frecuentemente expresada en la mediana (Kroeger y col., 2021).

El estudio se llevó a cabo con estudiantes de una sola institución (UAZ) y debe validarse con resultados de otras instituciones. Adicionalmente, la reducida literatura que incluye al género LGBTI, por lo que no se pudieron contrastar los resultados de ese grupo, igual que con hombres y mujeres. En futuras investigaciones, además de la variable género, se deben considerar otras como grado educativo, edad, nivel socioeconómico, tiempo que invierten los estudiantes universitarios y de distintos niveles educativos en el uso de TIC y la accesibilidad, debido al costo de la tecnología.

Los resultados encontrados podrían servir de apoyo a los directivos de distintos centros educativos y universidades, además de los expertos en diseño curricular, para que tomen en cuenta estrategias de aprendizaje con base al género de los estudiantes. Esto es coherente con Kerras y col. (2022), quienes comentan que, con el fin de obtener mejores resultados académicos, es necesario la movilización de todos para la implementación de políticas de educación inclusivas con base en la digitalización, independientemente del origen o género. Es conveniente que las autoridades educativas impulsen la creatividad de los estudiantes LGBTI a través del uso de las TIC y así mejorar sus conexiones sociales. Los jóvenes transgéneros y género diverso buscan conectar por medio de las TIC con otras personas para relacionarse (Austin y col., 2023).

## CONCLUSIONES

Los estudiantes de los géneros hombre y miembros de la comunidad LGBTI se visualizaron con competencias digitales superiores con respecto a las estudiantes mujeres. Estos resultados proporcionan una agenda para continuar con las investigaciones de brecha digital de género en México, países de América Latina y el mundo, particularmente, por ser un estudio exploratorio con limitaciones. Futuras investigaciones deberían incluir aspectos como costo y acceso a los teléfonos inteligentes, móviles y dispositivos digitales, en la brecha digital de género, y nivel educativo de los alumnos. Los presentes hallazgos po-

drían tener implicaciones importantes para los expertos en diseño curricular, quienes podrían proponer y desarrollar estrategias específicas que permitan impulsar la mejora de competencias digitales en los estudiantes en general, pero sobre todo en las mujeres. Se recomienda implementar programas que im-

pulsen las competencias digitales en ellas, así como potenciar las habilidades de los miembros de la comunidad LGBTI.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Acilar, A. (2020). Exploring the Gender Digital Divide in E-Government Use in a Developing Country. *International journal of public administration in the digital age (IJPADA)*, 7(4), 1-15. <https://doi.org/10.4018/IJPADA.20201001.oa1>
- Ahmad, N. A., Ayub, A. F. M., & Khambari, M. N. (2019). Gender Digital Divide: Digital Skills among Malaysian Secondary School. *International journal of academic research in progressive education and development*, 8(4), 668-687. <https://hrmars.com/index.php/IJARPED/article/view/6692Gender-Digital-Divide-Digital-Skills-among-Malaysian-Secondary-School>
- Altay, Y., Koskan, O. y Koknaroglu, H. (2022). Determinación del número mínimo de animales al comparar las medias de tratamiento mediante análisis de potencia. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2). <https://doi.org/10.21897/rmvz.2572>
- Ancheta-Arrabal, A., Pulido-Montes, C., & Carvajal-Mardones, V. (2021). Gender Digital Divide and Education in Latin America: A Literature Review. *Education sciences*, 11(12), 804. <https://doi.org/10.3390/educsci11120804>
- Austin, A., Dentato, M. P., Holzworth, J., Ast, R., Verdino, A. P., Alessi, E. J., Eaton, A. D., & Craig, S. L. (2023). Artistic expression as a source of resilience for transgender and gender diverse young people. *Journal of LGBT youth*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19361653.2021.2009080>
- Berger, V. W. & Zhou, Y. (2014). Kolmogorov-Smirnov Test: Overview. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online. *John wiley y sons, Ltd.* <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat06558>
- Cambridge dictionary (2024). LGBTI. [En línea]. Disponible en: <https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles/lgbti>. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024.
- Campos, D. G. & Scherer, R. (2023). Digital gender gaps in Students' knowledge, attitudes and skills: An integrative data analysis across 32 Countries. *Education and information technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12272-9>
- Cochran, W. G. (1980). Técnicas de muestreo (Segunda edición) CECSA.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155-159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Coşkunserçe, O. & Aydoğdu, Ş. (2022). Investigating the digital skills of undergraduate students in terms of various variables. *Journal of educational technology and online learning*, 5(4). <https://doi.org/10.31681/jetol.1151461>
- Esteve-Mon, F. M., Llopis, M. Á., & Adell-Segura, J. (2020). Digital Competence and Computational Thinking of Student Teachers. *International journal of emerging technologies in learning (IJET)*, 15(02). <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11588>
- Fan, C. & Zhang, D. (2012). A note on power and sample size calculations for the Kruskal-Wallis test for ordered categorical data. *Journal of biopharmaceutical statistics*, 22(6), 1162-1173. <https://doi.org/10.1080/10543406.2011.578313>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Feir-Walsh, B. J. & Toothaker, L. E. (1974). An Empirical Comparison of the Anova F-Test, Normal Scores Test and Kruskal-Wallis Test Under Violation of Assumptions. *Educational and psychological measurement*, 34(4), 789-799. <https://doi.org/10.1177/001316447403400406>
- Ferrari, A. (2013). DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. *JRC Publications repository*. <https://doi.org/10.2788/52966>
- Ferreira, E., Marôpo, L., Delgado, C., Rodrigues, M.

- D. R., Dias, P., & Torres, J. (2021). Digital practices, young people, and gender. *First monday*, 12(26). <https://doi.org/10.5210/fm.v26i12.11787>
- Galicia, L., Alarcón, L. A. G., Trápaga, J. A. B. y Navarro, R. E. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: Propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, 9(2), 42-53. <https://doi.org/10.32870/Apv9n2.993>
- Galperin, H. & Arcidiacono, M. (2021). Employment and the gender digital divide in Latin America: A decomposition analysis. *Telecommunicationspolicy*, 45(7), 102166. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102166>
- García, J. L. C., González, R. L. y Carvalho, J. L. T. (2020). La búsqueda de información, la selección y creación de contenidos y la comunicación docente. *RIED-Revista Iberoamericana de educación a distancia*, 23(1), 1. <https://doi.org/10.5944/ried.23.1.24128><https://doi.org/10.5944/ried.23.1.24128>
- Garzón-Artacho, E., Sola-Martínez, T., Romero-Rodríguez, J. M., & Gómez-García, G. (2021). Teachers' perceptions of digital competence at the life-long learning stage. *Heliyon*, 7(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07513>
- Gebhardt, E., Thomson, S., Ainley, J., & Hillman, K. (2019a). Introduction to Gender Differences in Computer and Information Literacy. In E. Gebhardt, S. Thomson, J. Ainley, & K. Hillman (Eds.), *Gender Differences in Computer and Information Literacy: An In-depth Analysis of Data from ICILS* (pp. 1-12). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26203-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26203-7_1)
- Gebhardt, E., Thomson, S., Ainley, J., & Hillman, K. (2019b). Student Achievement and Beliefs Related to Computer and Information Literacy. In E. Gebhardt, S. Thomson, J. Ainley, & K. Hillman (Eds.), *Gender Differences in Computer and Information Literacy: An In-depth Analysis of Data from ICILS* (pp. 21-31). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26203-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26203-7_3)
- Gefen, D. & Straub, D. W. (1997). Gender Differences in the Perception and Use of E-Mail: An Extension to the Technology Acceptance Model. *MIS Quarterly*, 21(4), 389-400. <https://doi.org/10.2307/249720>
- Gnams, T. (2021). The development of gender differences in information and communication technology (ICT) literacy in middle adolescence. *Computers in human behavior*, 114, 106533. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106533>
- Grande-de-Prado, M., Cañón, R., García-Martín, S., & Cantón, I. (2020). Digital Competence and Gender: Teachers in Training. A Case Study. *Future internet*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/fi12110204>
- Gray, T. J., Gainous, J., & Wagner, K. M. (2017). Gender and the Digital Divide in Latin America\*. *Social science quarterly*, 98(1), 326-340. <https://doi.org/10.1111/ssqu.12270>
- Guillén-Gámez, F. D., Mayorga-Fernández, M. J., & Contreras-Rosado, J. A. (2021). Incidence of Gender in the Digital Competence of Higher Education Teachers in Research Work: Analysis with Descriptive and Comparative Methods. *Education sciences*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/educsci11030098>
- Hatlevik, O. E., Guðmundsdóttir, G. B., & Loi, M. (2015). Examining Factors Predicting Students' Digital Competence. *Journal of information technology education: research*, 14, 123-137. <https://www.informingscience.org/Publications/2126>
- Hecke, T. V. (2012). Power study of anova versus Kruskal-Wallis test. *Journal of statistics and management systems*, 15(2-3), 241-247. <https://doi.org/10.1080/09720510.2012.10701623>
- Hervás-Gómez, C., Díaz-Noguera, M. D., De-la-Calle-Cabrera, A. M., & Guijarro-Cordobés, O. (2021). Perceptions of University Students towards Digital Transformation during the Pandemic. *Education sciences*, 11(11), 738. <https://doi.org/10.3390/educsci11110738>
- Jiménez-Hernández, D., González-Calatayud, V., Torres-Soto, A., Martínez-Mayoral, A., & Morales, J. (2020). Digital Competence of Future Secondary School Teachers: Differences According to Gender, Age, and Branch of Knowledge. *Sustainability*, 12(22), 9473. <https://doi.org/10.3390/su12229473>
- Jones, S. L. & Procter, R. (2023). Young peoples' perceptions of digital, media and information literacies across Europe: Gender differences, and the gaps between attitudes and abilities. *Technology, pedagogy and education*, 32(4), 435-456. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2023.2210152>
- Kaarakainen, M. T., Kivinen, O., & Vainio, T. (2018). Performance-based testing for ICT skills assessing: A case study of students and teachers' ICT skills in Finnish schools. *Universal access in the information society*, 17(2), 349-360. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0553-9>

Kerras, H., Bautista, S., Piñeros Perea, D. S., & de-Miguel-Gómez, M. D. (2022). Closing the Digital Gender Gap among Foreign University Students: The Challenges Ahead. *Sustainability*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912230>

Kerras, H., Sánchez-Navarro, J. L., López-Bece-rra, E. I., & de-Miguel-Gómez, M. D. (2020). The Impact of the Gender Digital Divide on Sustainable Development: Comparative Analysis between the European Union and the Maghreb. *Sustainability*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/su12083347>

Korlat, S., Kollmayer, M., Holzer, J., Lüftenegger, M., Pelikan, E. R., Schober, B., & Spiel, C. (2021). Gender Differences in Digital Learning During COVID-19: Competence Beliefs, Intrinsic Value, Learning Engagement, and Perceived Teacher Support. *Frontiers in psychology*, 12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.637776>

Kroeger, C. M., Ejima, K., Hannon, B. A., Halliday, T. M., McComb, B., Teran-Garcia, M., Dawson, J. A., King, D. B., Brown, A. W., & Allison, D. B. (2021). Persistent confusion in nutrition and obesity research about the validity of classic nonparametric tests in the presence of heteroscedasticity: Evidence of the problem and valid alternatives. *The american journal of clinical nutrition*, 113(3), 517-524.

Laskowski, N. G. (2020). Moral Constraints on Gender Concepts. *Ethical theory and moral practice*, 23(1), 39-51. <https://doi.org/10.1007/s10677-020-10060-9>

López-Martínez, M., García-Luque, O., & Rodríguez-Pasquín, M. (2021). Digital Gender Divide and Convergence in the European Union Countries. *Economics*, 15(1), 115-128. <https://doi.org/10.1515/econ-2021-0012>

Maon, S. N., Hassan, N. M., Yunus, N. M., Jai-lani, S. F. S. A. K., & Kassim, E. S. (2021). Gender Differences in Digital Competence Among Secondary School Students. *International journal of interactive mobile technologies (IJIM)*, 15(04), 04. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i04.20197>

Mattar, J., Santos, C. C., & Cuque, L. M. (2022). Analysis and Comparison of International Digital Competence Frameworks for Education. *Education sciences*, 12(12), 12. <https://doi.org/10.3390/educsci12120932>

Meyerhoff-Nielsen, M. & Erhi-Makpor, M. (2022). Digital inclusion and gender-associated indicators: A critical review of post-2010 literature. *Proce-*

*dings of the 14th international conference on theory and practice of electronic governance*, 123-128. <https://doi.org/10.1145/3494193.3494211>

Niño, L. M., Grimalt-Alvaro, C., Lores, B., & Usart, M. (2023). Brecha digital de género en secundaria: Diferencias en competencia autopercebida y actitud hacia la tecnología. *Educación XX1: Revista de la facultad de educación*, 26(2), 299-322. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8984131>

Ochoa, C., Molina, M. y Ortega, E. (2020). Inferencia estadística: Contraste de hipótesis. *Fundamentos de medicina basada en la evidencia*, 16(11). <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/7537/inferencia-estadistica-contraste-de-hipotesis>

Oxford Advanced Learner's Dictionary. (2024). *Man noun—Definition*. [En línea]. Disponible en: [https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/man\\_1?q=man](https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/man_1?q=man). Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024.

Peláez-Sánchez, I. C. & Glasserman-Morales, L. D. (2023). Gender Digital Divide and Women's Digital Inclusion: A Systematic Mapping. *Multidisciplinary journal of gender studies*, 12(3). <https://doi.org/10.17583/generos.10555>

Peláez-Sánchez, I. C., George-Reyes, C. E., & Glasserman-Morales, L. D. (2023). Gender digital divide in education 4.0: A systematic literature review of factors and strategies for inclusion. *Future in educational research*, 1(2), 129-146. <https://doi.org/10.1002/fer3.16> <https://doi.org/10.1002/fer3.16>

Pérez-Escoda, A., Lena-Acebo, F. J. y García-Ruiz, R. (2021). Brecha digital de género y competencia digital entre estudiantes universitarios, en *Repositorio abierto de la universidad de Cantabria*. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmloi/handle/10902/21791>. Fecha de consulta: 15 de julio de 2024.

Perifanou, M. A. & Economides, A. A. (2020). Gender Digital Divide in Europe. *International Journal of business, humanities and technology*, 10(4). <https://doi.org/10.30845/ijbht.v10n4p2>

Prabhu, D., Mallya, J., Patwardhan, V., & Nayak, A. (2022). Digital Competence and the Gender Gap: A Case Study of Hospitality Students. *International journal of media and information literacy*, 7(1), 190-196. <https://doi.org/10.13187/ijmil.2022.1.190>

Qiaoyan, H. (2012). Effect size, measures of. in N. J. Salkind, *Sage Research Methods—Encyclopedia*

of *Research Design*. SAGE Publications, Inc. <https://methods.sagepub.com/reference/encyc-of-research-design/n207.xml>

Rizal, R., Rusdiana, D., Setiawan, W., Siahaan, P., & Ridwan, I. M. (2021). Gender differences in digital literacy among prospective physics teachers. *Journal of physics: conference series*, 1806(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012004>

Schmidt, S. (2012). Kruskal–Wallis test. in N. J. Salkind, *Sage Research Methods—Encyclopedia of Research Design*. SAGE Publications, Inc. [En línea]. Disponible en: <https://methods.sagepub.com/reference/encyc-of-research-design/n207.xml>. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024.

Selfa-Sastre, M., Pifarré, M., Cujba, A., Cutillas, L., & Falguera, E. (2022). The Role of Digital Technologies to Promote Collaborative Creativity in Language Education. *Frontiers in psychology*, 13, 828981. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.828981>

Siegel, S. y Castellan, J. (1995). Estadística No Paramétrica (Cuarta edición). Editorial Trillas S.A. de C.V.

Sobieraj, S. & Krämer, N. C. (2020). Similarities and differences between genders in the usage of computer with different levels of technological complexity. *Computers in human behavior*, 104, 106145. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.09.021>

Soroya, S. H., Ahmad, A. S., Ahmad, S., & Soroya, M. S. (2021). Mapping internet literacy skills of digital natives: A developing country perspective. *Plos One*, 16(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249495>

Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in science education*, 48(6), 1273-1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>

Tondeur, J., Van-de-Velde, S., Vermeersch, H., & Van-Houtte, M. (2016). Gender Differences in the ICT Profile of University Students: A Quantitative Analysis. *DiGeSt. Journal of diversity and gender studies*, 3(1), 57-77. <https://doi.org/10.11116/jdivegendstud.3.1.0057>

Tzafilkou, K., Perifanou, M., & Economides, A. A. (2022). Development and validation of students' digital competence scale (SDiCoS). *International journal of educational technology in higher education*, 19(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00330-0>

Van-de-Werfhorst, H. G., Kessenich, E., & Geven, S. (2022). The digital divide in online education:

Inequality in digital readiness of students and schools. *Computers and education open*, 3, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100100>

Van-Laar, E., van-Deursen, A. J. A. M., van-Dijk, J. A. G. M., & de-Haan, J. (2020a). Measuring the levels of 21st-century digital skills among professionals working within the creative industries: A performance-based approach. *Poetics*, 81, 101434. <https://doi.org/10.1016/j.poetic.2020.101434>

Van-Laar, E., van-Deursen, A. J. A. M., van-Dijk, J. A. G. M., & de-Haan, J. (2020b). Determinants of 21st-Century Skills and 21st-Century Digital Skills for Workers: A Systematic Literature Review. *Sage open*, 10(1), 2158244019900176. <https://doi.org/10.1177/2158244019900176>

Vázquez-Cano, E., León-Urrutia, M., Parra-González, M. E., & López-Meneses, E. (2020). Analysis of Interpersonal Competences in the Use of ICT in the Spanish University Context. *Sustainability*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020476>

Vishnu, S., Raghavan, A., Susan-Sam, A., Radhakrishnan, A., Olaparambil Ragavan, S., Vattam, J., & Funk, C. (2022). Digital competence of higher education learners in the context of COVID-19 triggered online learning. *Social sciences & humanities open*, 6(1), 100320. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100320>

Wild, S. & Schulze, L. (2020). How do the digital competences of students in vocational schools differ from those of students in cooperative higher education institutions in Germany? *Empirical research in vocational education and training*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40461-020-00091-y>

Yu, H. & Hu, J. (2022). ICT Self-Efficacy and ICT Interest Mediate the Gender Differences in Digital Reading: A Multilevel Serial Mediation Analysis. *International journal of emerging technologies in learning (IJET)*, 17(05). <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i05.25691>

Zhang, P., Wang, L., & Liu, C. (2020). The empowerment of singleton daughters: Exploring the gender digital divide among Chinese college students. *Information technology & people*, 34(5), 1401-1418. <https://doi.org/10.1108/ITP-07-2019-0350>

Zhao, Y., Sánchez, M. C., Pinto, A. M., & Zhao, L. (2021). Digital Competence in Higher Education: Students' Perception and Personal Factors. *Sustainability*, 13(21), 21. <https://doi.org/10.3390/su13212184>



# Enriquecimiento de aceite de oliva con carotenoides del pimiento rojo (*Capsicum annum* L.) por maceración enzimática

## Enrichment of olive oil with carotenoids from red pepper (*Capsicum annum* L.) by enzymatic maceration

Erik Alberto Báez-Hernández, Samuel García-Díaz, Frixia Galán-Méndez, Laura Acosta-Domínguez\*

### RESUMEN

Los carotenoides pueden incorporarse en los aceites vegetales comestibles mediante maceración, esto permite mejorar la estabilidad de los carotenoides y el enriquecimiento del aceite, aunque la eficiencia de extracción es baja. El objetivo del presente trabajo fue mejorar el proceso de enriquecimiento del aceite de oliva con carotenoides del pimiento rojo (*Capsicum annum* L.) mediante la maceración, empleando una hidrólisis enzimática previa al tratamiento. El aceite de oliva se enriqueció con carotenoides extraídos por maceración enzimática (AOME) o maceración directa (AOMD). La estabilidad de ambos aceites a 8 °C, 25 °C y 45 °C fue evaluada semanalmente durante 6 semanas midiendo la degradación de carotenoides y la aparición de peróxidos, modelando su cinética de reacción a cada temperatura. AOME reportó mayor cantidad de carotenoides desde el inicio (11.5 %) y a lo largo del estudio. Ambos aceites presentaron la menor tasa de degradación de carotenoides y formación de peróxidos a 8 °C de almacenamiento (4 %), e incremento en la formación de peróxidos a 25 °C y 45 °C, durante las 6 semanas, con una mayor tasa para AOMD. El índice de peróxidos aumentó considerablemente al calentar a 150 °C y 200 °C las muestras de los dos tratamientos mantenidas a 8 °C y 25 °C. Se presentó un valor menor de peróxidos en ambas muestras almacenadas a 45 °C y sometidas a calentamiento, fenómeno asociado con la formación de productos de degradación de peróxidos. La hidrólisis enzimática como pretratamiento mejoró los índices de extracción de carotenoides durante la maceración en aceite de oliva, así como su estabilidad en el almacenamiento. El proceso evaluado representa una alternativa de enriquecimiento del aceite con carotenoides como compuestos bioactivos, cuando el aceite no esté destinado a ser usado en altas temperaturas.

**PALABRAS CLAVE:** maceración enzimática, carotenoides, aceite comestible.

### ABSTRACT

Carotenoids can be incorporated into edible vegetable oils through maceration. This improves the stability of carotenoids and the enrichment of oil, although the extraction efficiency is low. The objective of this work was to improve the process of enriching olive oil with carotenoids from red pepper (*Capsicum annum* L.) through maceration, using enzymatic hydrolysis prior to treatment. The olive was enriched with carotenoids extracted by enzymatic maceration (AOME) or direct maceration (AOMD). The stability of both oils at 8 °C, 25 °C and 45 °C was evaluated weekly for 6 weeks by measuring the degradation of carotenoids and the appearance of peroxides, modeling their reaction kinetics at each temperature. AOME reported a higher amount of carotenoids from the beginning (11.5 %) and throughout the study. Both oils presented the lowest rate of carotenoid degradation and peroxide formation at 8 °C storage (4 %), and increase in the formation of peroxides at 25 °C and 45 °C, during the 6 weeks, with a higher rate for AOMD. The peroxide index increased considerably when the samples from the two treatments kept at 8 °C and 25 °C were heated to 150 °C and 200 °C. A lower value of peroxides was present in both samples stored at 45 °C and subjected to heating, a phenomenon associated with the formation of peroxide degradation products. Enzymatic hydrolysis as a pretreatment improved the carotenoid extraction rates during maceration in olive oil, as well as its storage stability. The evaluated process represents an alternative for enriching oil with carotenoids as bioactive compounds, when the oil is not intended to be used at high temperatures.

**KEYWORDS:** enzymatic maceration, carotenoids, edible oil.

\*Correspondencia: lacosta@uv.mx/Fecha de recepción: 28 de noviembre de 2023/Fecha de aceptación: 25 de junio de 2024/Fecha de publicación: 10 de julio de 2024.

Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México, C. P. 91000.

## INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales comestibles pueden ser enriquecidos con carotenoides, luego de ser extraídos por maceración con solventes orgánicos. Sin embargo, este tipo de disolventes son volátiles, inflamables y tóxicos. Por ello, se han estudiado alternativas que aprovechan las características lipófilas de los carotenoides para esparcirlos en disolventes verdes, como los aceites vegetales, donde se utiliza la maceración directa como metodología de extracción (Caporaso y col., 2013; Cavazza y col., 2015; Liu y col., 2021; Portillo-López y col., 2021).

Los carotenoides son compuestos que pueden degradarse fácilmente, por diversos factores, como temperatura y pH, por lo que, una alternativa para mejorar su estabilidad es incorporarlos a aceites vegetales comestibles, los cuales retrasan su degradación (Cerecedo-Cruz y col., 2018; Otálora-Orrego y col., 2021). La extracción y estabilidad de los carotenoides, en el enriquecimiento de aceites por maceración directa, se ven influenciadas por el tipo y longitud de la cadena, siendo los de cadena larga y alta saturación los que facilitan su liberación (Liu y col., 2021). El aceite de oliva se considera un buen disolvente lipofílico, ya que presenta alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados de cadena larga (Xia y col., 2020). Ha mostrado buenos resultados en algunas investigaciones, como disolvente para la extracción de carotenoides (Kehili y col., 2019; Teramukai y col., 2020). Además, puede mejorar eficazmente la biodisponibilidad del  $\beta$ -caroteno, ya que se digiere más rápida y completamente en la fase del intestino delgado; como resultado, más  $\beta$ -caroteno se libera (Xia y col., 2020).

Los aceites se consideran disolventes verdes, ya que no contienen contaminantes y previenen la degradación oxidativa de los carotenoides durante la extracción. Sin embargo, la alta viscosidad de los aceites disminuye su efectividad, debido a que induce baja difusividad y, en consecuencia, provoca una baja extracción, en comparación con el uso de sol-

ventes orgánicos como acetato de etilo y etanol, entre otros. El aceite se puede calentar para reducir su viscosidad y mejorar su difusividad, pero si se utiliza una temperatura muy alta, durante mucho tiempo, puede haber degradación de los carotenoides (Chutia y Mahanta, 2020). En este sentido, es necesario modificar la metodología de maceración directa o aplicar pretratamientos que mejoren las tasas de extracción de carotenoides durante la maceración, por ejemplo, ultrasonido, microondas y fluido supercrítico (Sales-Silva y Martínez, 2014; da-Silva y col., 2018; Suo y col., 2023).

El uso de enzimas hidrolíticas como pretratamiento, en el proceso de extracción con aceites comestibles, facilita la ruptura de la estructura de la pared vegetal del fruto (Nath y col., 2016; Mendoza y col., 2020). Existen diversos trabajos sobre la extracción de aceites u oleorresinas asistidas con enzimas como celulasa, pectinasa, amilasa, lacasas o lipasas, entre otras (Baby y Ranganathan, 2016; Cortés-Ferré y col., 2021). También se utilizan preparados enzimáticos, con más de un tipo de enzima, para degradar diferentes compuestos específicos de la pared de la planta y extraer la oleorresina mucho más fácilmente (Stoica y col., 2016; Walczak y col., 2018).

Se han realizado pocos trabajos relacionados con el uso de pretratamientos enzimáticos para la extracción de carotenoides, uno de ellos es el de Jalali-Jivan y col. (2021), quienes los extrajeron de zanahoria, utilizando pectinasa comercial y elaboraron nanoemulsiones de aceite y agua. Sin embargo, respecto al enriquecimiento de aceites comestibles mediante maceración enzimática no existen investigaciones.

Este trabajo tuvo como objetivo enriquecer un aceite de oliva con carotenoides procedentes de pimiento rojo (*Capsicum annum* L.) mediante maceración enzimática para determinar si es posible aumentar la tasa de extracción de carotenoides y mejorar su estabilidad en almacenamiento y durante la fritura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Se utilizaron pimientos rojos en un estado de madurez óptimo, con un color totalmente rojo y textura firme, obtenidos frescos del mercado de verduras de Xalapa, Veracruz, México. Se usó aceite de oliva extra virgen marca Carbonell, adquirido en la tienda de autoservicio Walmart (Xalapa, Veracruz, México). Se utilizó la mezcla comercial de enzimas celulasas SAE0020 con densidad de 1 g/mL a 1.3 g/mL (Sigma Aldrich, México).

### Obtención de la pulpa del pimiento

Los pimientos se lavaron con solución jabonosa, se les quitó el pedúnculo y las semillas, para ser blanqueados a 80 °C durante 1 min. Posteriormente, se molieron en una licuadora (Oster Oesterizer, 400 W, Estados Unidos) durante 30 s; se determinó su humedad y se mantuvieron a una temperatura de - 70 °C, para su posterior uso.

### Maceración directa

La pulpa de pimiento rojo se mezcló con aceite de oliva en una proporción 1:3 (p/v) y se mantuvo en agitación constante (150 rpm) durante 24 h, protegido de la luz a 25 °C en una incubadora (Novatech EI45-AID, México). Finalmente se centrifugó (HERMLE 2300k, Wehingen, Alemania) a 3 900 rpm a 4 °C durante 20 min para obtener el aceite enriquecido (AOMD; aceite de oliva por maceración directa).

### Hidrolizado

La mezcla comercial de enzimas (1 % con respecto al peso seco del pimiento) se añadió a la pulpa del pimiento rojo y se incubó a 45 °C. Los azúcares reductores fueron cuantificados cada 10 min por el método de DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), para determinar la etapa de mayor capacidad de hidrólisis de las enzimas (Baby y Ranganathan, 2016). Para ello, se usó un espectrofotómetro UV-vis (Thermo scientific Genesys 20, USA) y se siguió la metodología de Núñez y col. (2012).

### Maceración enzimática

El hidrolizado se mezcló con aceite de oliva

en una proporción 1:3 (p/v) y se mantuvo en agitación constante (150 rpm) durante 24 h, protegido de la luz a 25 °C en una incubadora (Novatech EI45-AID, México). Finalmente, se centrifugó (HERMLE 2300k, Wehingen, Alemania) a 3 900 rpm a 4 °C durante 20 min para obtener el aceite enriquecido (AOME; aceite de oliva por maceración enzimática).

### Almacenamiento de los aceites enriquecidos

Los aceites (AOMD y AOME) se almacenaron a 8 °C (refrigerador Thermo Scientific, México), 25 °C (incubadora Novatech EI45-AID, México) y 45 °C (incubadora Yamato IC103CW, Japón) durante 6 sem. Las temperaturas fueron seleccionadas para prolongar la vida de anaquel (temperatura de refrigeración), emular su manejo comercial (temperatura ambiente) y para acelerar el proceso de oxidación (45 °C).

### Carotenoides totales

La degradación de carotenoides se evaluó mediante la metodología reportada por Hornero-Méndez y Mínguez-Mosquera (2001). Se tomaron alícuotas de 100 µL de AOMD y AOME, y se diluyeron en 5 mL de acetona. El contenido de carotenoides se cuantificó mediante espectrofotometrías UV-vis (Thermo scientific Genesys 20, USA) a 472 nm y 508 nm, utilizando acetona como blanco. Los carotenoides totales se expresaron siguiendo la ley de Lambert Beer con las siguientes ecuaciones.

$$CR = \frac{2144.0xA_{508} - 403.3xA_{472}}{270.9} \quad (1)$$

$$CY = \frac{1724.3xA_{472} - 2450.1xA_{508}}{270.9} \quad (2)$$

$$CT = CR + CY \quad (3)$$

Donde:

A = Absorbancia a la longitud de onda indicada

CT = carotenoides totales

CR = carotenoides de la fracción roja

CY = carotenoides de la fracción amarilla

### Análisis de peróxidos

El valor de peróxidos se evaluó siguiendo la metodología oficial de la American Oils Chemists Society (AOCS cd 8-53) reportada por Cerecedo-Cruz y col. (2018). Se tomó una muestra (0.5 g) en un matraz Erlenmeyer de 50 mL y se mezclaron con 3 mL de ácido acético-cloroformo (3:2). Se agregaron 0.05 mL de solución saturada de yoduro de potasio y se agitó durante 1 min antes de adicionar 3 mL de agua. Se tituló con tiosulfato de sodio 0.001 M, agitando lentamente hasta disminuir el color amarillo. Se agregaron 0.05 mL de solución de almidón al 1 %, continuando la titulación hasta desaparecer el color azul. El resultado se expresó en miliequivalentes de peróxido de oxígeno activo por kilogramo de aceite.

### Modelo cinético y ecuación de Arrhenius

En este estudio, el contenido de carotenoides e índice de peróxidos se evaluaron con la cinética de primer orden en forma lineal (Ec. 4), como lo reporta Cerecedo-Cruz y col. (2018).

$$\ln C = \ln CO \pm kt \quad (4)$$

Donde:

$C$  = el contenido de carotenoides o peróxido total presente en la oleorresina en el momento  $t$

$t$  = el tiempo de almacenamiento

$k$  = la constante cinética para la degradación de carotenoides o la formación de peróxido

$CO$  = el contenido de carotenoides o índice de peróxido en el momento inicial

Se utilizó la ecuación de Arrhenius para determinar la energía de activación de la cinética de la reacción (Ec. 5).

$$\ln(k) = -\frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \ln(A) \quad (5)$$

Donde

$k$  = la constante cinética

$Ea$  = la energía de activación

$A$  = el factor de frecuencia

$T$  = la temperatura

$R$  = la constante de los gases

### Estabilidad de carotenoides y peróxidos a 150 °C y 200 °C

Los aceites (AOME y AOMD) se calentaron a 150 °C y 200 °C durante 5 min, se enfriaron, y posteriormente se realizó la medición de carotenoides totales y se determinó el índice de peróxidos con las metodologías descritas anteriormente.

### Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés: Analysis of Variance) de 3 vías para ver diferencias significativas entre los valores de carotenoides según el método utilizado para la extracción, la temperatura y el tiempo de almacenamiento. El análisis se realizó mediante el paquete de análisis estadístico SigmaStat (programa estadístico para análisis de datos científicos) versión 3.5.

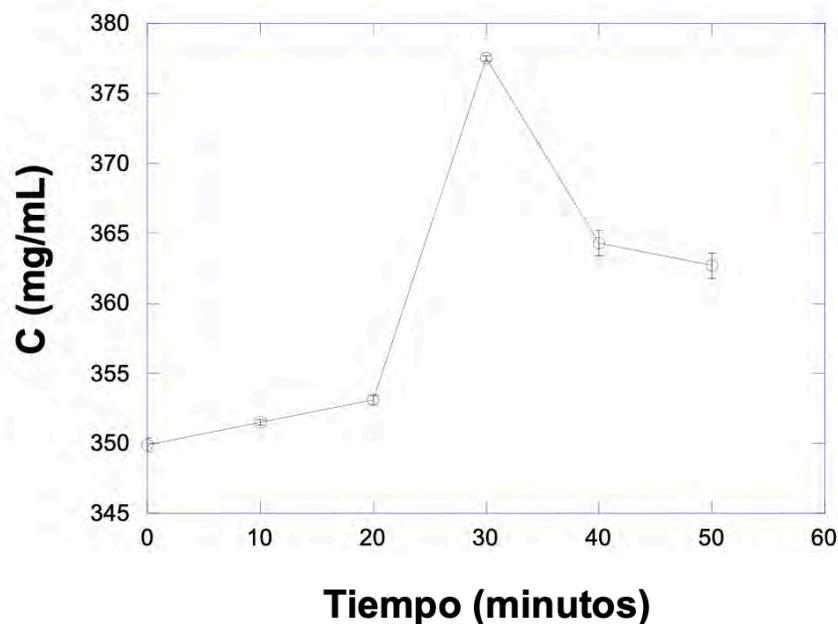
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Hidrólisis del pimiento rojo

Las enzimas mostraron el mayor nivel de hidrólisis a los 30 min (377.5 mg/mL) (Figura 1), generando la mayor cantidad de azúcares reductores. El máximo nivel de hidrólisis obtenido en este estudio fue menor al reportado por Baby y Ranganathan (2016), quienes elaborando salsa estilo tabasco, consideraron 90 min como tiempo de incubación para la hidrólisis al pimiento rojo. Esta diferencia se debe a que el grado de hidrólisis depende de las enzimas usadas y condiciones de incubación del pimiento (Molina-Peñate y col., 2022).

### Contenido de carotenoides en el almacenamiento

El método enzimático mejoró la extracción de carotenoides, ya que en AOME se presentaron porcentajes mayores de estos compuestos que oscilaron entre un 9 % y 11.5 % con respecto a AOMD al inicio y durante todo el tiempo de almacenamiento, los cuales repre-



■ **Figura 1. Producción de azúcares reductores durante la hidrólisis.**

Figure 1. Production of reducing sugars during the hydrolysis.

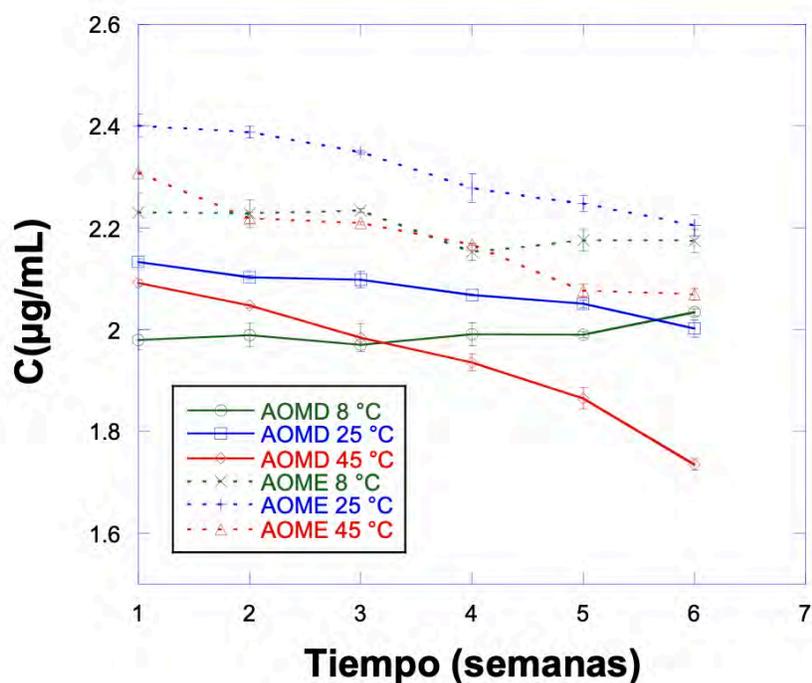
sentaron diferencias significativas entre el método de extracción utilizado ( $P < 0.05$ ). Este valor es inferior a los de-Farias y col. (2020), quienes mostraron un aumento del 16.83 % en el contenido de carotenoides en una salsa tabasco tratada con hidrólisis enzimática. Las diferencias se deben a que ellos no realizaron una maceración en aceite, ya que su objetivo solo fue mejorar la disponibilidad de carotenoides en la propia salsa.

Con respecto al tiempo de almacenamiento, el contenido de carotenoides se redujo en las tres temperaturas estudiadas (a excepción de 8 °C en AOMD), sin embargo, las muestras mostraron una clara disminución en el contenido de carotenoides a 25 °C y 45 °C, mientras que la degradación fue menos evidente a 8 °C en AOME (Figura 2). Por lo tanto, la temperatura de almacenamiento también influyó en la estabilidad de los aceites, ya que se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la reducción del contenido de carotenoides en las tres temperaturas. Los resultados de carotenoides totales de las muestras de AOMD y AOME almacenadas a 45 °C mostraron una degrada-

ción mayor que a 25 °C durante las 6 semanas de almacenamiento, perdiendo aproximadamente el 19 % y 9 %, respectivamente, con relación a su concentración inicial. El AOME almacenado a 8 °C mostró una alta estabilidad porque se produjo una menor disminución en la concentración de carotenoides en comparación con las otras temperaturas, lo que es esperable en un ambiente sin luz para el aceite de oliva, ya que se ha demostrado que es bastante estable en estas condiciones de almacenamiento. Resultados similares tuvieron Liu y col. (2021), quienes estudiaron la degradación de carotenoides en 4 tipos de aceites, encontrando que los carotenoides disminuyeron con el aumento de la temperatura de almacenamiento y la extensión del tiempo de almacenamiento, mientras que la tasa de retención de carotenoides se mantuvo constante en ambiente sin luz a 5 °C.

#### **Modelo cinético y ecuación de Arrhenius de la degradación de carotenoides**

A mayor temperatura corresponde una mayor constante cinética ( $k$ ) y, por lo tanto, más rápida es la degradación de los carotenoides (Tabla 1). Resultados similares se presentaron



■ Figura 2. Variación del contenido de carotenoides durante el almacenamiento.  
Figure 2. Variation of carotenoids content during storage.

■ Tabla 1. Parámetros del modelo cinético de primer orden de la degradación de carotenoides durante el almacenamiento.  
Table 1. Parameters of the first-order kinetic model of carotenoid degradation during storage.

Temperatura (°C)	AOMD			AOME		
	k (sem <sup>-1</sup> )	ln C0  (µg/mL)	R <sup>2</sup>	k (sem <sup>-1</sup> )	ln C0  (µg/mL)	R <sup>2</sup>
8	0.008 2	0.019 4	0.524 6	0.004 9	0.001 7	0.538 9
25	0.013 8	0.010 9	0.931 6	0.014 8	0.015 6	0.928 8
45	0.038 5	0.056 9	0.972 4	0.018 3	0.006 1	0.928 3

k: constante cinética; sem: semanas; C0: concentración inicial.

en el trabajo de Cerecedo-Cruz y col. (2018), quienes estudiaron el efecto de los carotenoides en la estabilidad oxidativa del aceite de aguacate.

Los valores de concentración de carotenoides tanto en AOME como en AOMD se comportaron de manera similar a 8 °C, ya que no disminuyeron en el tiempo analizado, por lo que la cinética de reacción de

primer orden de AOMD y AOME a 8 °C no presentó una buena correlación durante el ajuste ( $R^2 = 0.538 9$  para AOME y  $R^2 = 0.524 6$  para AOMD) debido a que los carotenoides registraron una mayor estabilidad a dicha temperatura. Los valores de constante cinética de AOME en este trabajo ( $0.004 9 \text{ sem}^{-1}$ ,  $0.014 8 \text{ sem}^{-1}$  y  $0.018 3 \text{ sem}^{-1}$  para 8 °C, 25 °C y 45 °C, respectivamente) fueron inferiores a los encontrados en el estudio de Cerecedo-Cruz y

col. (2018), donde obtuvieron  $0.024 \text{ 2 sem}^{-1}$ ,  $0.031 \text{ 4 sem}^{-1}$ ,  $0.038 \text{ 3 sem}^{-1}$  para temperaturas de  $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Esto se debe a que el aceite de oliva confirió una mayor estabilidad a los carotenoides y disminuyó la degradación de estos, por lo que el aceite de oliva proporciona una mejor protección a los carotenoides, provocando un efecto sinérgico beneficioso entre los carotenoides y el aceite de oliva. Por otro lado, en cuanto a los parámetros de la ecuación de Arrhenius, AOME tuvo una  $E_a$  mayor que AOMD (Tabla 2), por lo que es más sensible a los cambios de temperatura.

### Formación de peróxidos durante el almacenamiento

La concentración de peróxidos (Figura 3) a  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  presentó un valor menor en ambas muestras (AOME y AOMD) con respecto a  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , y esta concentración se mantuvo sin cambios significativos en el tiempo de almacenamiento. Las muestras almacenadas a  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$  mostraron un aumento mayor en el contenido de peróxidos totales, por lo que a más alta temperatura hubo una mayor formación de peróxidos en ambos aceites.

Los valores de los índices de peróxidos en el AOME mostraron concentraciones absolutas finales inferiores a las encontradas en AOMD, en las temperaturas de  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , ya que el aumento de la concentración de carotenoides provocó un mejor efecto antioxidante en el aceite, provocando una mayor estabi-

lidad del aceite en el almacenamiento. Al respecto, Sánchez-Camargo y col. (2019) adicionaron extracto de carotenoides provenientes de cáscara de mango a un aceite de girasol, registrando que los carotenoides protegían el aceite contra la oxidación lipídica. Por otra parte, Treto-Alemán y col. (2021) suplementaron aceite de cártamo con chile piquín, encontrando que, este incrementó el valor antioxidante del aceite, ya que la muestra de chile piquín enriqueció al aceite comestible con antioxidantes naturales, retrasando la formación de peróxidos.

### Modelo cinético y ecuación de Arrhenius de la formación de peróxidos

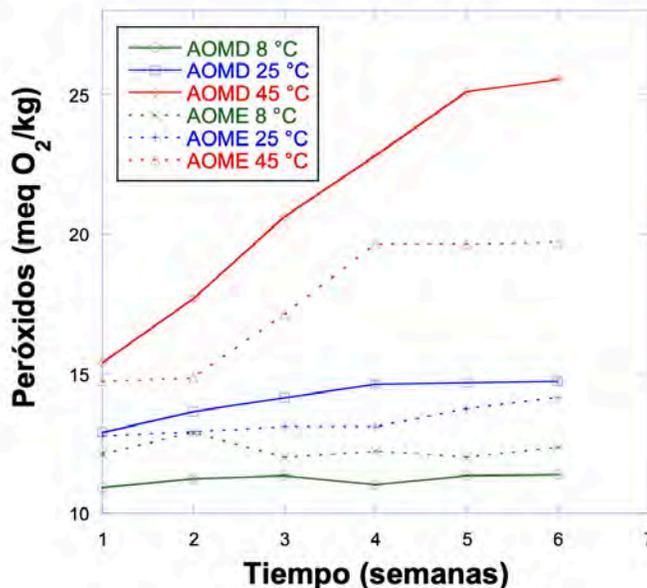
Respecto a los parámetros del modelo cinético de primer orden, que corresponden a la formación de peróxidos en AOME y AOMD, mostraron una mejor correlación a  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Tabla 3), esto debido a que existe una mayor velocidad de formación de peróxidos a esta temperatura, lo que permite realizar un mejor ajuste de los datos con el modelo cinético. Los valores de la constante cinética ( $k$ ) fueron inferiores a los reportados por Cerecedo-Cruz y col., 2018, ya que ellos registraron  $0.393 \text{ 5 sem}^{-1}$ ,  $0.092 \text{ 6 sem}^{-1}$  y  $0.051 \text{ 3 sem}^{-1}$  en las temperaturas de  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, lo cual indica que la reacción de formación de peróxidos en el aceite de oliva es más lenta en el rango de las temperaturas estudiadas que en el aceite de aguacate, lo que puede deberse al efecto antioxidante de los carotenoides presentes y a la

■ **Tabla 2.** Parámetros de la ecuación de Arrhenius de la degradación de carotenoides durante el almacenamiento.

Table 2. Parameters of the Arrhenius equation for carotenoid degradation during storage.

Muestra	$k \text{ (sem}^{-1}\text{)}$	T (K)	$E_a \text{ (J/mol)}$	A ( $\text{sem}^{-1}$ )
AOMD	0.038 1	298.15	411.82	0.044 9
	0.038 5	318.15		
AOME	0.014 8	298.15	8 370.53	0.433 2
	0.018 3	318.15		

k: constante cinética; sem: semanas;  $E_a$ : energía de activación; A: factor de Arrhenius.



■ Figura 3. Concentración de peróxidos (meq O<sub>2</sub>/kg) durante el almacenamiento.  
Figure 3. Peroxide concentration (meq O<sub>2</sub>/kg) during storage.

■ Tabla 3. Parámetros del modelo cinético de primer orden de la formación de peróxidos durante el almacenamiento.  
Table 3. Parameters of the first-order kinetic model of peroxide formation during storage.

Temperatura (°C)	AOMD			AOME		
	k (sem <sup>-1</sup> )	ln C0  (µg/mL)	R <sup>2</sup>	k (sem <sup>-1</sup> )	ln C0  (µg/mL)	R <sup>2</sup>
8	0.010 9	0.005 7	0.843 9	0.002 6	0.021 1	0.833 3
25	0.026 3	0.001 8	0.861 3	0.019 6	0.027 9	0.865 2
45	0.105 3	0.065	0.954 5	0.069 4	0.072 3	0.871 5

k: constante cinética; sem: semanas; C0: concentración inicial.

composición química propia del aceite de oliva, que provoca un efecto sinérgico de protección a la oxidación del aceite.

En cuanto a los parámetros de la ecuación de Arrhenius para AOME y AOMD, los valores de energía de activación fueron 49 855.129 J/mol y 54 701.963 J/mol, respectivamente, mostrando valores de energía de activación mayores a lo reportado por Cerecedo-Cruz y col. (2018) (38 337 J/mol), quienes obtuvieron un aceite de aguacate enriquecido con carotenoides por maceración directa. Por lo tanto, los carotenoides en el aceite de oliva presentaron una mayor estabilidad en el almacenamiento que

en el aceite de aguacate, ya que se necesita mayor energía para que inicie la degradación. Sin embargo, AOME registró un valor menor de Ea que AOMD (Tabla 4), lo cual puede indicar que la formación de peróxidos en AOMD es más sensible a los cambios de temperatura.

#### Evaluación de carotenoides y peróxidos a 150 °C y 200 °C

El contenido de carotenoides se redujo con el aumento de la temperatura (Tabla 5). A 150 °C los carotenoides disminuyeron abruptamente y a 200 °C el contenido de carotenoides fue inmensurable. Las muestras al-

■ **Tabla 4.** Parámetros de la ecuación de Arrhenius de la formación de peróxidos durante el almacenamiento.

Table 4. Parameters of the Arrhenius equation of peroxide formation during storage.

Muestra	k (sem <sup>-1</sup> )	T (K)	Ea (J/mol)	A (sem <sup>-1</sup> )
AOMD	0.026 3	298.15	54 701.963	100 835 396
	0.105 3	318.15		
AOME	0.019 6	298.15	49 855.732 4	10 649 249.7
	0.069 4	318.15		

k: constante cinética; T: temperatura; sem: semanas; Ea: energía de activación; A: factor de Arrhenius.

■ **Tabla 5.** Contenido de carotenoides en AOMD y AOME antes y después del freído.

Table 5. Carotenoid content in AOMD and AOME before and after frying.

T. A. (°C)	AOMD			AOME		
	Inicial (µg/mL)	150 °C (µg/mL)	200 °C (µg/mL)	Inicial (µg/mL)	150 °C (µg/mL)	200 °C (µg/mL)
8	2.071 ± 0.051	1.384 ± 0.054	ND*	2.497 ± 0.075	1.552 ± 0.137	ND*
25	2.008 ± 0.006	0.893 ± 0.072	ND*	2.170 ± 0.006	1.443 ± 0.041	ND*
45	1.386 ± 0.003	0.148 ± 0.003	ND*	1.726 ± 0.034	0.291 ± 0.006	ND*

T. A.: Temperatura de almacenamiento; ND\*: no detectable.

macenadas a 45 °C que fueron sometidas a 150 °C presentaron una disminución mucho mayor, en comparación con las otras dos temperaturas de almacenamiento a 8 °C y 25 °C. Estos resultados sugieren que el aceite de oliva enriquecido con carotenoides no debe someterse a 150 °C o 200 °C, en las actividades culinarias como el freído, horneado o la cocción, que se realizan a temperaturas altas. Los aceites almacenados a temperaturas más bajas tuvieron una menor pérdida de carotenoides que los almacenados a 45 °C, después del tratamiento a temperaturas altas (150 °C y 200 °C), esto es debido a que inicialmente los aceites almacenados a 45 °C, ya presentaban un grado de oxidación mayor, es decir, una cantidad inicial de peróxidos más alta que los otros almacenados a 8 °C y 25 °C, y al

ser calentados a 150 °C y 200 °C, se provocó una mayor velocidad de oxidación, afectando directamente el contenido de carotenoides.

Los resultados del contenido de peróxidos después de calentar las muestras a 150 °C y 200 °C se muestran en la Tabla 6, donde se observa que tanto AOMD como AOME tuvieron un aumento significativo con respecto a su contenido inicial de peróxidos, después de su almacenamiento a 8 °C y 25 °C (a excepción de AOME a 25 °C). Sin embargo, las muestras almacenadas a 45 °C y sometidas a 200 °C mostraron una disminución en su valor de concentración, lo cual se debe a la formación de otros productos de degradación que terminan el ciclo de oxidación de los aceites, disminuyendo la concentración

■ Tabla 6. Contenido de peróxidos de AOMD y AOME antes y después del freído.  
Table 6. Peroxide content of AOMD and AOME before and after frying.

T. A. (°C)	AOMD			AOME		
	Inicial (meq O <sub>2</sub> /kg)	150 °C (meq O <sub>2</sub> /kg)	200 °C (meq O <sub>2</sub> /kg)	Inicial (meq O <sub>2</sub> /kg)	150 °C (meq O <sub>2</sub> /kg)	200 °C (meq O <sub>2</sub> /kg)
8	12.663 ± 0.617	23.690 ± 0.154	24.5633 ± 0.771	12.827 ± 0.157	25.000 ± 0.154	28.602 ± 0.308
25	14.890 ± 0.061	24.508 ± 0.077	25.4367 ± 0.154	13.826 ± 0.100	24.454 ± 0.617	21.834 ± 0.087
45	31.113 ± 0.771	26.855 ± 0.000	12.008 ± 1.543	22.379 ± 0.771	24.235 ± 1.235	15.283 ± 0.000

T. A.: Temperatura de almacenamiento.

de peróxidos debido a su descomposición y formación de otros productos volátiles (Zhang y col., 2023).

## CONCLUSIONES

La utilización de una mezcla de enzimas celulasas con una densidad de 1 g/mL a 1.3 g/mL antes de la maceración del fruto en el aceite de oliva permitió aumentar el rendimiento de extracción de los carotenoides del pimiento rojo, por lo que puede funcionar como pretratamiento para el enriquecimiento de aceites vegetales con estos compuestos. El aceite enriquecido por maceración enzimática (AOME) presentó una menor velocidad de oxidación durante el almacenamiento, que el aceite enriquecido por maceración directa (AOMD), debido a la presencia de un mayor contenido de carotenoides que disminuye la veloci-

dad de formación de peróxidos. Por lo tanto, el enriquecimiento de aceites comestibles es una opción para la preservación de los mismos, y de los carotenoides durante su almacenamiento a temperaturas inferiores a 45 °C, siendo no adecuado su calentamiento a temperaturas altas, ya que se generan altas concentraciones de peróxidos y otros productos de degradación. Actualmente existe una demanda alta de productos alimenticios saludables en muchos países industriales, por lo que el AOMD o AOME puede ser uno de ellos y puede ser usado o consumido en la formulación de productos alimenticios que no requieran ser calentados a altas temperaturas.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Baby, C. K. & Ranganathan, T. V. (2016). Effect of enzyme pretreatment on yield and quality of fresh green chilli (*Capsicum annuum* L) oleoresin and its major capsaicinoids. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 7, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.05.010>
- Caporaso, N., Paduano, A., Nicoletti, G., & Sacchi, R. (2013). Capsaicinoids, antioxidant activity, and volatile compounds in olive oil flavored with dried chili pepper (*Capsicum annuum*). *European journal of lipid science and technology*, 115(12), 1434-1442. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300158>
- Cavazza, A., Corti, S., Mancinelli, C., Bignardi, C., & Corradini, C. (2015). Effect of the addition of chili pepper powder on vegetable oils oxidative stability. *Journal of the american oil chemists' society*, 92(11), 1593-1599. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-27389>
- Cerecedo-Cruz, L., Azuara-Nieto, E., Hernández-Álvarez, A. J., González-González, C. R., & Melgar-Lalanne, G. (2018). Evaluation of the oxidative

- stability of Chipotle chili (*Capsicum annuum* L.) oleoresins in avocado oil. *Grasas y aceites*, 69(1), 240. <https://doi.org/10.3989/gya.0884171>
- Chutia, H. & Mahanta, C. L. (2020). Green ultrasound and microwave extraction of carotenoids from passion fruit peel using vegetable oils as a solvent: Optimization, comparison, kinetics, and thermodynamic studies. *Innovative food science and emerging technologies*, 67, 102547. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102547>
- Cortés-Ferré, H. E., Guajardo-Flores, D., Romero-De-La-Vega, G., & Gutierrez-Uribe, J. A. (2021). Recovery of Capsaicinoids and Other Phytochemicals Involved With TRPV-1 Receptor to Re-valorize Chili Pepper Waste and Produce Nutraceuticals. *Frontiers in sustainable food systems*, 4, 303. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.588534>
- Da-Silva, P. H. R., da-Silva, C., & Cervejeira-Bolanho, B. (2018). Ultrasonic-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of food process engineering*, 41(6)1-6. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12833>
- De-Farias, V. L., da-Silva-Araújo, I. M., da-Rocha, R. F. J., dos-Santos-Garruti, D., & Pinto, G. A. S. (2020). Enzymatic Maceration of Tabasco Pepper: Effect on the Yield, Chemical and Sensory Aspects of the Sauce. *LWT*, 127, 109311. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109311>
- Hornero-Méndez, D. & Mínguez-Mosquera, M. I. (2001). Rapid Spectrophotometric Determination of Red and Yellow Isochromic Carotenoid Fractions in Paprika and Red Pepper Oleoresins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(8), 3584-3588. <https://doi.org/10.1021/jf0104001>
- Jalali-Jivan, M. J., Fathi-Achachlouei, B., Ahmadi-Gavlighi, H., & Jafari, S. M. (2021). Improving the extraction efficiency and stability of  $\beta$ -carotene from carrot by enzyme-assisted green nanoemulsification. *Innovative food science & emerging technologies*, 74, 102836. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102836>
- Kehili, M., Sayadi, S., Frikka, F., Zammel, A., & Allouche, N. (2019). Optimization of lycopene extraction from tomato peels industrial by-product using maceration in refined olive oil. *Food and bioprocesses processing*, 117, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.004>
- Liu, Y., Zhang, C., Cui, B., Wang, M., Fu, H., & Wang, Y. (2021). Carotenoid-enriched oil preparation and stability analysis during storage: Influence of oils' chain length and fatty acid saturation. *LWT - Food science and technology*, 151, 112163. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112163>
- Mendoza, N. N. G., Rodríguez, S. A. V., & Lima, B. L. R. (2020). Improvement of the extraction of carotenoids and capsaicinoids of chili pepper native (*Capsicum baccatum*), assisted with cellulolytic enzymes. *Revista peruana de biología*, 27(1), 055-060. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17588>
- Molina-Peñate, E., Sánchez A., & Artola, A. (2022). Enzymatic hydrolysis of the organic fraction of municipal solid waste: Optimization and valorization of the solid fraction for *Bacillus thuringiensis* biopesticide production through solid-state fermentation. *Waste management*, 137, 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.11.014>
- Nath, P., Kaur, C., Rudra, S. G., & Varghese, E. (2016). Enzyme-assisted extraction of carotenoid-rich extract from red capsicum (*Capsicum annuum*). *Agricultural research*, 5, 193-204. <https://doi.org/10.1007/s40003-015-0201-7>
- Núñez, R. Á., Pérez, B. R., Motzezak, R. H. y Chirinos, M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease. *Multiciencias*, 12(2), 129-135.
- Otálora-Orrego, D. y Martín, D. A. (2021). Técnicas emergentes de extracción de  $\beta$ -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador técnico*, 85(1), 83-106. <https://doi.org/10.23850/2565035.2857>
- Portillo-López, R., Morales-Contreras, B. E., Lozano-Guzmán, E., Basilio-Heredia, J., Muy-Rangel, M. D., Ochoa-Martínez, L. A., & Morales-Castro, J. (2021). Vegetable oils as green solvents for carotenoid extraction from pumpkin (*Cucurbita argyrosperma* Huber) byproducts: Optimization of extraction parameters. *Journal of food science*, 86(7), 3122-3136. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15815>
- Sales-Silva, L. P. & Martínez, J. (2014). Mathematical modeling of mass transfer in supercritical fluid extraction of oleoresin from red pepper. *Journal of food engineering*, 133, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.02.013>
- Sánchez-Camargo, A. P., Gutierrez, L. F., Milena, S., Martínez, H., Parada, F., & Narváez, C. E. (2019). Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible

oil. *Journal of supercritical fluids*, 152, 104574. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104574>

Stoica, R., Moscovici, M., Tomulescu, C., & Băbeanu, N. (2016). Extraction and analytical methods of capsaicinoids - a review. *Scientific bulletin series F. biotechnologies*, 20, 93-98.

Suo, A., Fan, G., Wu, C., Li, T., & Cong, K. (2023). Green extraction of carotenoids from apricot flesh by ultrasound assisted corn oil extraction: Optimization, identification, and application. *Food chemistry*, 420, 136096. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136096>

Teramukai, K., Kakui, S., Beppu, F., Hosokawa, M., & Miyashita, K. (2020). Effective extraction of carotenoids from brown seaweeds and vegetable leaves with edible oils. *Innovative food science and emerging technologie*, 60, 2-7. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102302>

Treto-Alemán, K. M., Torres-Castillo, J. A., Contreras-Toledo, A. R. y Moreno-Ramírez, Y. R. (2021). Enriquecimiento del aceite comestible por compuestos fenólicos y antioxidantes de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*). *CienciaUAT*, 15(2), 156-168. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1459>

Walczak, J., Buszewski, B., Krakowska, A., & Rafinska, K. (2018). Enzyme-assisted optimized supercritical fluid extraction to improve *Medicago sativa* polyphenolics isolation. *Industrial crops and products*, 124, 931-940. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.004>

Xia, Z., Han, Y., Du, H., McClements, D. J., Tang, Z., & Xiao, H. (2020). Exploring the effects of carrier oil type on in vitro bioavailability of  $\beta$ -carotene: A cell culture study of carotenoid-enriched nanoemulsions, *LWT-Food science and technology*, 134, 110224. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110224>

Zhang, J., Zhang, M., Chen, K., Bhandari, B., & Deng, D. (2023). Impact of cooking methods on the quality, sensory and flavor compounds of Sichuan pepper oleoresin. *Food chemistry*, 427, 136639. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136639>



Frijol negro, frijol blanco y frijol rojo  
Imagen tomada de: Canva educativo

## Péptidos bioactivos derivados de las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

## Bioactive peptides derived from bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.)

Raúl Reyes-Bautista\*, José de Jesús Flores-Sierra, Luis Ángel Xoca-Oroxco

### RESUMEN

Diversos compuestos de origen vegetal pueden coadyuvar en el control y prevención de las enfermedades consideradas como un problema de salud pública, entre ellas las crónico-degenerativas. Las proteínas de origen vegetal representan una excelente alternativa frente a las de origen animal debido a la menor huella de carbono. Se les considera una excelente fuente de péptidos funcionales, que presentan diferentes actividades biológicas. El objetivo de este trabajo fue analizar los avances en el estudio de los hidrolizados proteínicos, para la obtención de péptidos bioactivos, que se encuentran encriptados en las proteínas de almacenamiento de las semillas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Los estudios se han enfocado a mejorar el proceso de obtención a través de hidrólisis enzimática, fermentación microbiana e incluso métodos sintéticos. También se tienen adelantos en su purificación, identificación y en la evidencia de su actividad funcional, tales como: propiedades antioxidantes, antihipertensivas y antidiabéticas. Las investigaciones localizadas están dirigidas a lograr que los hidrolizados proteínicos, derivados del frijol, con potencial nutracéutico o terapéutico, por haberse demostrado su actividad biológica *in vitro* e *in vivo*, puedan incorporarse en el desarrollo de alimentos funcionales.

**PALABRAS CLAVE:** frijol, biopéptidos, actividad biológica, hidrolizados proteínicos.

### ABSTRACT

Various compounds of plant origin can contribute to the control and prevention of diseases considered a public health problem, including chronic-degenerative diseases. Plant-based proteins are an excellent alternative compared to those of animal origin due to their lower carbon footprint, and they are also an excellent source of peptides that have different biological activities. The aim of this work was to analyze the research progress on the protein hydrolysates/peptides that are encrypted in the storage proteins of the seeds of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Studies have focused on its production process (enzymatic hydrolysis, microbial fermentation, and method synthetic), purification and identification and evidence of its functional activities such as antioxidant, antihypertensive, antidiabetic among others. The research that has been carried out and that is concentrated in this document aim that in the future protein hydrolysates derived from the bean that have demonstrated biological activity (*in vitro* and *in vivo*) can offer nutraceutical and therapeutic potential in addition to their incorporation into the development of functional foods.

**KEYWORDS:** beans, biopeptides, biological activity, protein hydrolysates.

\*Correspondencia: raul.rb@purisima.tecnm.mx/ Fecha de recepción: 22 de enero de 2024/ Fecha de aceptación: 12 de julio de 2024/ Fecha de publicación: 19 de julio de 2024.

Tecnológico Nacional de México/ITS de Purísima del Rincón, Laboratorio de Bioprocesos, División de Ingeniería Bioquímica, boulevard del Valle núm. 2301, Guardarrayas, Purísima del Rincón, Guanajuato, México, C. P. 36425.

## INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental que genera la producción de alimentos de origen vegetal es menor comparado con los de origen animal, debido a la huella de carbono; medida del efecto ambiental, en términos de la cantidad de gases de efecto invernadero generados ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , entre otros). La carne tiene una huella de carbono que es de varias decenas de veces mayor que la de la mayoría de las frutas y verduras (Shabir y col., 2023). Los alimentos de origen vegetal están surgiendo como un nuevo horizonte en la industria agrícola, siendo una alternativa a los alimentos de origen animal (la carne, el pescado, los huevos, la leche, el queso y el yogur), debido a que pueden satisfacer las necesidades de los seres humanos (McClements y Grossmann, 2021; Mullins y Arjmandi, 2021; Goldstein y Reifen, 2022). Actualmente, los consumidores prestan mayor atención en la calidad de los alimentos, debido a que existe una mejor educación sanitaria y una mayor conciencia sobre los beneficios para la salud de los productos alimenticios, además de la creación de nuevas tendencias dietéticas en las generaciones de jóvenes y adultos mayores (Baker y col., 2022).

Las legumbres, que son el fruto de las leguminosas, forman parte de la alimentación humana y se remontan al año 5500 a.C; su cultivo tiene una historia larga y diversa, asociada con el desarrollo de prácticas agrícolas y la satisfacción de las necesidades nutricionales humanas. Se cree que fueron de las primeras plantas cultivadas y consumidas por los humanos, las cuales también se utilizaban para alimentar a los animales (Siddiq y col., 2022). Estos cultivos alimentarios tienen diferentes orígenes de domesticación. Muchas legumbres (e.g. lentejas y garbanzos) generalmente se obtuvieron y cultivaron en las regiones de Medio Oriente, mientras que los frijoles comunes o secos (*Phaseolus vulgaris* L.) se conocen como cultivos del “nuevo mundo” (Miklas y col., 2022).

La inclusión dietética y el consumo regular de legumbres se asocia con muchos benefi-

cios para la salud. Los compuestos contenidos en estas plantas ejercen efectos antioxidantes, hipocolesterolémicos, hipoglucemiantes, anticancerígenos, antiobesidad y reguladores hormonales (Grdeń y Jakubczyk, 2023).

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés: World Health Organization), reportó que las enfermedades no transmisibles (ENT) continúan causando la mayor carga de morbilidad en todo el mundo. El impacto de las ENT generó en 2019 el 74 % de las muertes mundiales (41 millones). Las cuatro principales ENT, que generaron en conjunto alrededor de 33.3 millones de muertes, fueron las enfermedades cardiovasculares (17.9 millones), el cáncer (9.3 millones), las enfermedades respiratorias crónicas (4.1 millones) y la diabetes (2.0 millones) (WHO, 2023).

Las ENT ocurren como resultado de la interacción de un conjunto multifactorial de exposición, que incluyen factores de riesgo conductuales, metabólicos y ambientales. Una gran proporción de estas enfermedades se puede prevenir reduciendo los principales factores de riesgo, tales como, una nutrición poco saludable, baja actividad física, el tabaquismo y el consumo de alcohol (Alidoost y col., 2021). Por lo tanto, la búsqueda de alimentos que coadyuven a controlar los principales problemas de salud pública, a través de sus componentes bioactivos con diversas actividades, tales como, antioxidantes, antihipertensivos, antidiabéticos, antitrombóticos, entre otros (Granato y col., 2020), los cuales están presentes en la dieta, es un reto que se ha expuesto durante los últimos años y que es objeto de estudio de diversos investigadores en distintas áreas del conocimiento, en particular, el desarrollo de alimentos funcionales (Vignesh y col., 2024); síntesis y mecanismos de acción (Akbarian y col., 2022) así como biodisponibilidad y seguridad (Bhandari y col., 2020).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la evidencia científica de los péptidos bioacti-

vos obtenidos por hidrólisis enzimática, derivados de las semillas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y los mecanismos de su actividad farmacológica evaluados de forma *in vitro* e *in vivo*, con la finalidad de reconocer su papel como potenciales nutraceuticos.

### Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization of the United Nations), la producción de frijol seco en 2022 fue superior a 28 millones de T, en donde América representa aproximadamente el 32 % de participación en la producción mundial. En este continente, los principales productores de frijol son Brasil (3 millones de T), Estados Unidos de América (1.2 millones de T) y México (1.1 millones de T), ocupando el segundo, el quinto y el sexto lugar a nivel mundial, respectivamente (FAO, 2022).

Se considera que el frijol común fue domesticado en Centroamérica hace casi 7000 años, en dos regiones principales: Mesoamérica y los Andes. Sin embargo, varios estudios moleculares recientes sugieren la evolución del acervo genético andino a partir del germoplasma mesoamericano, lo que demuestra que el acervo genético mesoamericano es una fuente importante de diversidad genética (Biotocchi y col., 2012; Choudhary y col., 2022). Existen alrededor de 80 especies cultivadas y silvestres del género *Phaseolus*, de las cuales *P. vulgaris*, perteneciente a la familia de plantas Fabaceae, es la especie de leguminosa más cultivada en el mundo (Freytag y Debouck, 2002; Porph y col., 2013).

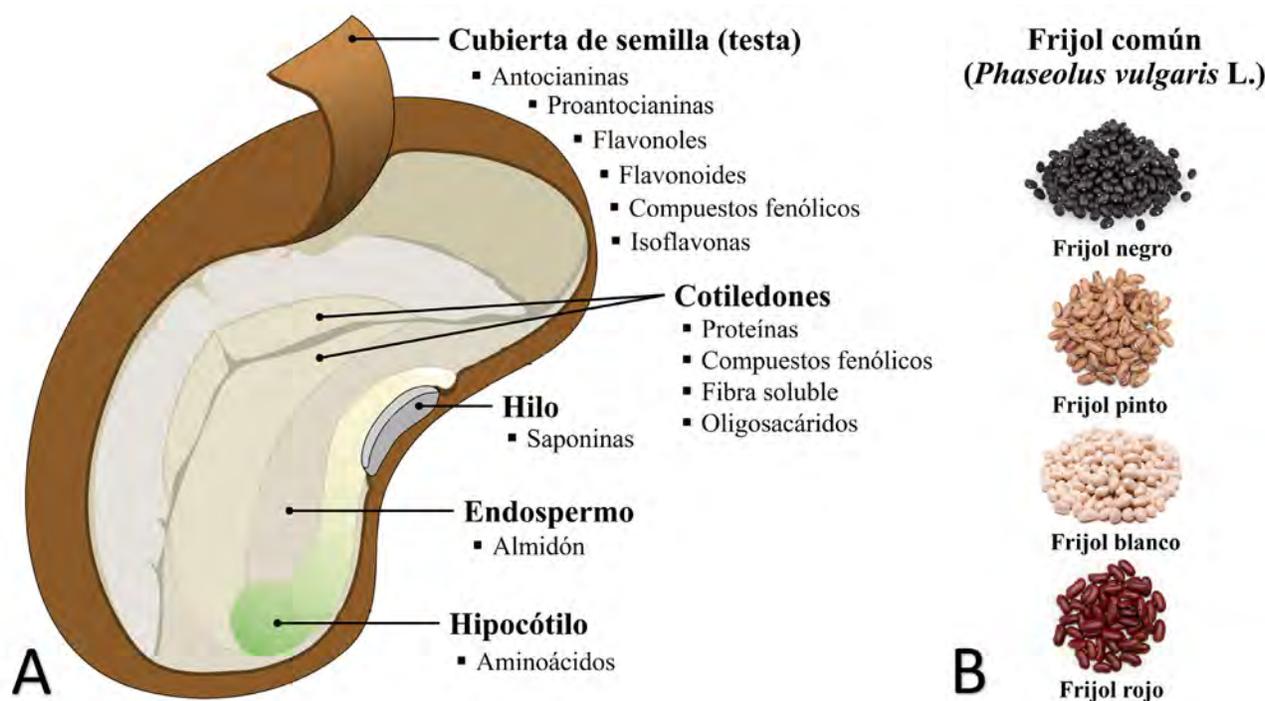
Los frijoles comunes presentan tipos de semillas pequeñas (*e.g.* blanco, negro, pinto) provenientes de la región mesoamericana y tipos de semillas grandes (*e.g.* riñón, arándano, Mayacoba) de origen andino (Miklas y col., 2022). Estas semillas son una fuente excelente de proteína (16 % a 33 %), fibra, compuestos fenólicos y fitoquímicos asociados con efectos benéficos para la salud (Fi-

gura 1). Al igual que otras leguminosas, el frijol acumula grandes cantidades de proteínas en sus semillas, la mayoría de las cuales son proteínas de almacenamiento, las cuales reciben ese nombre porque son movilizadas desde compartimentos subcelulares especializados para proporcionar nutrientes para el crecimiento de nuevas plantas durante el proceso de germinación (de-Fátima-García y col., 2021). Dichas proteínas se pueden clasificar de acuerdo con su solubilidad (Osborne, 1924) siendo las globulinas (solubles en soluciones salinas) y albúminas (solubles en agua) las más abundantes. La faseolina (una globulina) es la principal proteína de almacenamiento en los frijoles secos, representando hasta la mitad de la proteína total de la semilla (Montoya y col., 2010).

Herrera-Hernández y col. (2023) realizaron un estudio para evaluar la composición de aminoácidos esenciales y no esenciales, así como el contenido proteínico de 23 variedades de frijol producidas y consumidas en México; encontraron variedades con un contenido de proteína del 17 % al 30 %; además determinaron que los aminoácidos esenciales más destacados en las variedades de frijol mexicano fueron: lisina y leucina. La lisina participa en la construcción de masa muscular, recuperación de lesiones y heridas, producción de hormonas, enzimas y anticuerpos; absorbe calcio y estimula la liberación de la hormona del crecimiento. Por su parte, la leucina mitiga la destrucción muscular, y proporciona energía a los músculos y órganos del cuerpo. En humanos, comer frijoles se podría correlacionar con un menor riesgo de desarrollar cáncer, debido a que puede inducir la detención del ciclo celular y la apoptosis en cultivos celulares, e inhibir la carcinogénesis en modelos animales (Bessada y col., 2019; de-Fátima-García y col., 2021).

### Péptidos bioactivos

Los péptidos son compuestos de dos o más aminoácidos unidos por enlaces peptídicos que desempeñan un papel fisiológico impor-



■ Figura 1. A) Anatomía de la semilla del frijol, se muestran las principales partes y sus compuestos bioactivos. B) Cultivares del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

Figure 1. A) Anatomy of the bean seed, the main parts and their bioactive compounds are shown. B) Common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.).

tante en el organismo. Los péptidos que presentan actividad biológica se denominan péptidos bioactivos (PBA) y suelen constar de 2 a 20 residuos de aminoácidos (Maestri y col., 2019). Se ha demostrado que tienen múltiples funciones fisiológicas, tales como, antioxidante, antihipertensiva, antidiabética, anticancerígena, inmunomoduladora, antimicrobiana e hipocolesterolémica (Wen y col., 2020; Zhu y col., 2023) que contribuyen a regular las funciones fisiológicas y prevenir determinadas enfermedades crónicas, asimismo pueden aplicarse al desarrollo de alimentos funcionales (Sánchez y Vázquez, 2017). Además, presentan un efecto positivo sobre el sabor, las propiedades tecnofuncionales, la composición nutricional de los alimentos y prolongan la vida útil de los alimentos (Yuan y col., 2022).

#### Métodos de obtención de los PBA

Las proteínas vegetales son ricas en PBA, que

deben liberarse de las proteínas para exhibir actividad funcional. Por lo tanto, el método de preparación de los péptidos es especialmente crucial. Los métodos comunes incluyen principalmente hidrólisis enzimática, fermentación microbiana y métodos sintéticos (químicos y recombinación genética) (Kent, 2019; Cruz-Casas y col., 2021), sin embargo, existen tecnologías emergentes, tales como: extracción asistida por microondas y ultrasonido, alta presión hidrostática, campos eléctricos pulsados, agua subcrítica y disolventes eutécticos profundos (Rogalinski y col., 2005; Balasubramaniam y col., 2015; Su y col., 2015; Hernández-Corroto y col., 2020). No obstante, estas nuevas tecnologías se encuentran desarrolladas a nivel laboratorio e incluso algunas de ellas serían muy costosas de implementarse a nivel industrial (Ulug y col., 2021).

#### Hidrólisis enzimática

Para exhibir actividad biológica, los péptidos

deben liberarse de la estructura primaria de la proteína. La hidrólisis enzimática es uno de los métodos más utilizados, esta requiere condiciones específicas, tales como: actividad enzimática, concentración de sustrato, temperatura y pH (Naeem y col., 2022). La alcalasa® ha demostrado ser una de las enzimas más eficientes para la preparación de PBA. Es una "serina endopeptidasa" obtenida originalmente de *Bacillus subtilis* y conocida como "subtilisina Carlsberg". Se produce principalmente mediante fermentación sumergida en lote alimentado, utilizando *Bacillus licheniformis* (Tacias-Pascacio y col., 2020). Una de las propiedades más relevantes de esta proteasa es que tiene la capacidad de producir péptidos hidrofóbicos a pH's alcalinos (9 - 11) (Adamson y Reynolds, 1996).

Diferentes investigadores han utilizado enzimas digestivas *in vitro* (pepsina, tripsina, quimotripsina) para producir péptidos, con el fin de predecir su formación durante la digestión humana (Marciniak y col., 2018). La hidrólisis enzimática puede realizarse usando una sola enzima, así como mediante hidrólisis secuenciales con múltiples enzimas, con la finalidad de generar una mayor cantidad de péptidos con diversas características estructurales que al final puedan exhibir diferentes actividades biológicas (Tak y col., 2021).

### Fermentación microbiana

La fermentación es un proceso más económico, comparado con la hidrólisis enzimática, en la cual se utilizan microorganismos generalmente reconocidos como seguros (GRAS, por sus siglas en inglés: Generally Recognized as Safe). Es una forma eficaz de generar PBA y proteínas hidrolizadas mediante enzimas microbianas producidas por levaduras, bacterias y hongos (Cruz-Casas y col., 2021). El género de bacterias más usado, para la preparación de PBA mediante el método de fermentación, es *Lactobacillus*. El ácido láctico producido por la fermentación de *Lactobacillus* puede acidificar rápidamente los alimentos, proporcionando así seguridad alimentaria y calidad sensorial (De-Vuyst y Leroy,

2007). Este género puede influir en la calidad de los polipéptidos al controlar la hidrólisis de las proteínas intracelulares (Zhu y col., 2023). Además de bacterias ácido-lácticas se han usado otro tipo de bacterias (*Bacillus subtilis*) y hongos (*Aspergillus flavipes* y *Aspergillus oryzae*) para producir PBA en soya y leche, respectivamente (Tak y col., 2021; Naeem y col., 2022). En general, la fermentación microbiana es un método prometedor para la preparación de PBA. Es importante señalar que el tipo y la cantidad de estos péptidos generados dependen principalmente del microorganismo utilizado para la fermentación (Babini y col., 2017).

### Método sintético

Los métodos de síntesis química incluyen la síntesis en fase sólida y la síntesis en fase soluble. El método de fase sólida se basa en la reacción de aminoácidos que se recubren y no reaccionan en grupos en presencia de sustancias insolubles (Mourtas y col., 2023); esta estrategia se utiliza para dirigir la reacción hacia el camino deseado. Dicho método supera la desventaja de la síntesis en fase soluble que requiere purificación en cada paso y mejora la eficiencia en la producción de péptidos, sin embargo, el proceso de producción debe estar sobrecargado de materias primas, lo que conduce al desperdicio de recursos. Este método puede sintetizar péptidos de hasta 50 aminoácidos, a diferencia del método de fase soluble en el cual se pueden sintetizar únicamente oligopéptidos, con un máximo de 20 unidades de aminoácidos (Kaur, 2018; Zamyatnin, 2018; Akbarian y col., 2022).

El método de recombinación genética se ha convertido en uno de los más eficaces para la producción de PBA específicos en la actualidad. Las cepas genéticamente modificadas, comúnmente utilizadas, son levaduras (*e.g. Saccharomyces cerevisiae*) y bacterias (*e.g. Escherichia coli*); ambas son económicas y fáciles de cultivar, por lo que se pueden preparar PBA en grandes cantidades, con excelente eficiencia y alta pureza (Ozawa y col., 2007).

## Purificación e identificación de los PBA

Los hidrolizados de proteínas son mezclas de péptidos, proteínas no degradadas y aminoácidos libres, debido a esto se requiere de un proceso de purificación, el cual tiene como objetivo que diversos compuestos del medio no interfieran en su actividad biológica y faciliten la identificación estructural de los PBA. Se han reportado diferentes métodos de purificación como la ultrafiltración y diferentes técnicas de cromatografía (*e.g.* filtración en gel, intercambio iónico, fase reversa, afinidad).

La ultrafiltración utiliza la tecnología de una membrana porosa que se encuentra presurizada, la cual es semipermeable para retener las proteínas y los péptidos con pesos moleculares de entre 1 kDa y 500 kDa. En este método existe una diferencia de presión entre la entrada y la salida de la membrana, la cual actúa como fuerza impulsora, para la retención de acuerdo con el diámetro de corte. Dicho proceso permite conservar las fracciones peptídicas con excelente actividad biológica (Olagunju y col., 2018; Aondona y col., 2021).

La cromatografía es el método más utilizado para la separación de péptidos, existen diversos tipos y cada uno de ellos ofrece ciertas características estructurales que le confieren al péptido una relación estructura-actividad. La cromatografía de filtración en gel realiza una separación por tamaño molecular. Es aplicable cuando se busca separar fracciones peptídicas con masas moleculares entre 1 kDa y 200 kDa; permite una alta recuperación de péptidos y una buena preservación de la actividad biológica (Piovesana y col., 2018; Yang y col., 2021). La cromatografía de intercambio iónico se fundamenta en separar moléculas cargadas, existen dos tipos de resinas intercambiadoras: catiónicas y aniónicas. Presenta una alta resolución, sin embargo, la fuerza iónica del eluyente tiene un gran impacto sobre la actividad de la fracción peptídica obtenida (Zhu y col., 2023). La cromatografía líquida de alta resolución en fase reversa (RP-HPLC,

por sus siglas en inglés: Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography), tiene la capacidad de separar PBA en función de su hidrofobicidad, debido a que consta de una fase estacionaria no polar y una fase móvil polar (Piovesana y col., 2019). Por último, la cromatografía de afinidad se basa en el principio de interacción molecular específica para la purificación de péptidos, los péptidos diana pueden unirse selectivamente a algún grupo portador de la fase estacionaria, logrando así la separación de otros péptidos, las ventajas significativas de este método son la alta especificidad y resolución, sin embargo, su rango de aplicabilidad es pequeño y se utiliza principalmente para la purificación de glicoproteínas y anticuerpos (Barredo-Vacchelli y col., 2021; Su y col., 2023).

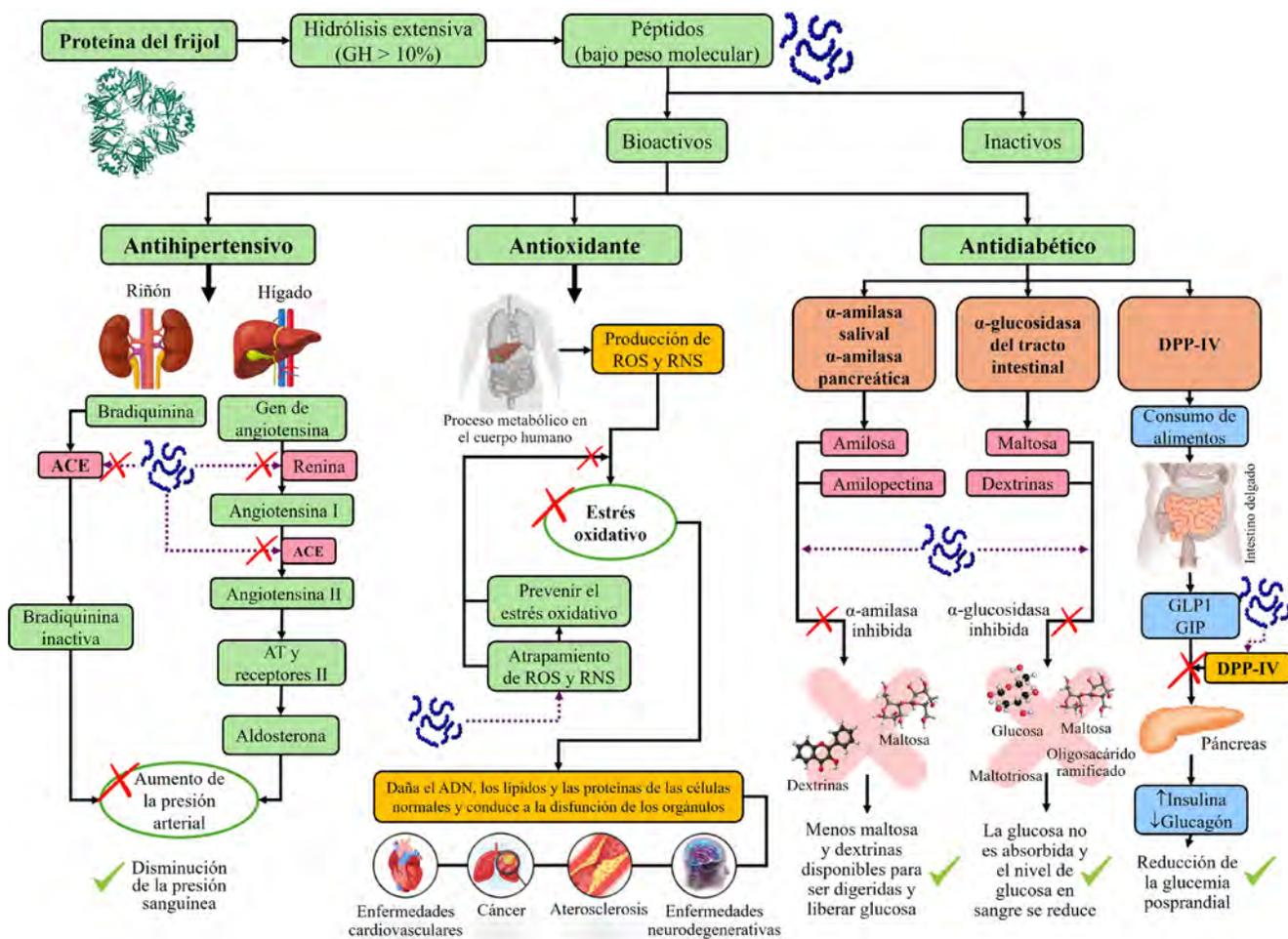
Para la identificación de los PBA se ha empleado la espectrometría de masas (MS, por sus siglas en inglés: Mass Spectrometry), debido a su alta sensibilidad, precisión y facilidad de operación. En la MS se bombardean los péptidos para convertirlos en iones y fragmentarlos, y así poder detectarlos según su relación carga-masa. Existen diversas modificaciones en la técnica, una de ellas es la MS en tándem (MS/MS) con la cual se pueden medir con precisión su masa molecular y secuencia de aminoácidos (Mora y Toldrá, 2021). Las técnicas de ionización suave como la espectrometría de masas por tiempo de vuelo con desorción/ionización de láser asistida por matriz (MALDI-TOF-MS, por sus siglas en inglés: Matrix Assisted Laser Desorption Ionization -Time of Flight Mass Spectrometry) los iones moleculares y fragmentados de la muestra pasan a través de una serie de separadores y lentes electrostáticos hacia un analizador de masas. La técnica presenta una sensibilidad de intervalo de masa entre 2 Da y 20 000 Da, con una exactitud 10 ppm a 100 ppm (Ahamad y col., 2022).

## Actividades biológicas

Durante las últimas dos décadas, el frijol co-

mún (*Phaseolus vulgaris* L.) ha sido objeto de una gran cantidad de estudios, debido a que es una leguminosa que ha estado presente en la alimentación del ser humano de forma milenaria, pero que actualmente, debido a los usos y costumbres que prevalecen en países desarrollados y en vías de desarrollo, han hecho que su consumo per cápita disminuya de forma considerable (Gharibzadeh y col., 2024). Este cambio en los hábitos alimenticios, con una tendencia ha-

cia la comida rápida, se ha asociado con el desarrollo de las ENT (Wang y Wang, 2020). Por lo que los investigadores se encuentran interesados en rescatar diversos componentes de los alimentos que actualmente son subutilizados, como es el caso de las proteínas del frijol. En la Figura 2 se presenta el papel que desempeñan los PBA identificados en el frijol, asociados con su efecto antihipertensivo, antioxidante y antidiabético; se muestran cuáles son las enzimas diana



Nota: El conglomerado de círculos azules indica las fracciones peptídicas; los tachos rojos se refieren a las dianas: enzimas o efecto sobre alguna actividad farmacológica asociada; las líneas punteadas indican el efecto directo de las fracciones peptídicas sobre sistemas enzimáticos y/o moléculas específicas; y las viñetas en verde refieren el efecto positivo de los péptidos en cada bioactividad.

■ Figura 2. Representación esquemática de las principales actividades farmacológicas de los péptidos del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).  
Figure 2. Schematic representation of the main pharmacological activities of common bean peptides (*Phaseolus vulgaris* L.).

y/o moléculas en donde los péptidos pueden ejercer su efecto farmacológico en el organismo. El efecto de los péptidos inhibidores sobre las principales enzimas diana, tales como: la enzima convertidora de angiotensina (ACE, por sus siglas en inglés: Angiotensin Converting Enzyme), encargada de la modulación de la presión arterial y generar por lo tanto un efecto antihipertensivo, está modulado por la inhibición de compuestos que incrementan la presión arterial, como son, bradiquininas inactivas y la angiotensina II, los cuales son potentes vasoconstrictores, por lo tanto, la inhibición de ACE produce una reducción en la presión arterial (Tawalbeh y col., 2023). Por otro lado, el papel de los péptidos con funcionalidad antioxidante es prevenir el estrés oxidativo (proceso que ocurre cuando existe un desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad del organismo para neutralizarlos), debido al atrapamiento de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, las cuales se producen de forma endógena y exógena, y son responsables del daño celular que puede desencadenar en distintas enfermedades crónico-degenerativas (Tak y col., 2021). Por último, el efecto antidiabético se ha demostrado mediante la aplicación de las fracciones peptídicas del frijol en la inhibición las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa; encargadas de la absorción de glucosa en el tracto gastrointestinal, y la enzima dipeptidil peptidasa: DPP – IV, responsable de modular la actividad de dos hormonas llamadas incretinas (GLP-1: el péptido I, similar al glucagón; y GPI: péptido insulino-trópico dependiente de glucosa), de manera postprandial, por lo que la inhibición de estas enzimas dará como resultado una reducción significativa en los niveles de glucosa en sangre (Rahmi y Arcot, 2023).

### Actividad antioxidante

Las especies reactivas de nitrógeno (RNS, por sus siglas en inglés: Reactive Nitrogen Species) o especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés: Reactive Oxygen Species), en su forma de radicales y no ra-

dicales, se producen durante el proceso metabólico normal de las células. Si dichas especies aumentan a nivel celular, causan una alteración en el equilibrio oxidativo y conducen a la condición denominada estrés oxidativo (Mudgil y col., 2019). El estrés oxidativo está relacionado con el desarrollo de ENT, como el cáncer, la aterosclerosis, las enfermedades cardiovasculares y las neurodegenerativas (e.g. Alzheimer) (Uttara y col., 2009; Tak y col., 2021; Naeem y col., 2022; Karami y Duangmal, 2023). La producción excesiva de radicales libres pueden dañar el ADN, los lípidos y las proteínas de las células normales (Lorenzo y col., 2018; Li y col., 2020). Los péptidos con propiedades antioxidantes se pueden utilizar para prevenir ese daño oxidativo, debido a su capacidad para atrapar y neutralizar los radicales libres. Peighambar-doust y col. (2021) informaron que factores como la polaridad, el efecto estérico, la hidrofobicidad, los enlaces de hidrógeno, la secuencia de aminoácidos y su impacto en la estructura secundaria, están relacionados con las funciones bioactivas de los péptidos. En la Tabla 1 se encuentra concentrada la información correspondiente a la actividad antioxidante evaluada en los hidrolizados del frijol común.

Para evaluar el efecto antioxidante de los péptidos *in vitro* se han utilizado diversos métodos químicos, entre los cuales destacan los ensayos como la eliminación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH<sup>•</sup>) y el radical catiónico 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolona-6-sulfonato) (ABTS<sup>•+</sup>); la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC, por sus siglas en inglés: Oxygen Radical Absorbance Capacity), reduciendo la actividad mediante voltamperometría cíclica (CV, por sus siglas en inglés: Cyclic Voltammetry), por colorimetría midiendo la capacidad de reducción férrica del plasma (FRAP, por sus siglas en inglés: Ferric Reducing Ability of Plasma); y la capacidad antioxidante reductora del cobre (CUPRAC, por sus siglas en inglés: Cupric Reducing Antioxidant Capacity); respectivamente, el potencial antioxidante total de

■ **Tabla 1. Actividad antioxidante de los hidrolizados proteínicos de distintos cultivares del frijol.**  
Table 1. Antioxidant activity of protein hydrolysates from different bean cultivars.

Tipo/ Cultivar/ (Referencias)	Tipo de enzima	Condiciones de hidrólisis <sup>a</sup>	Tipo de actividad antioxidante <sup>b</sup>	Notas especiales <sup>c</sup>
Frijol negro (Zheng y col., 2019)	Alcalasa <sup>®</sup> , Tripsina	E/S: 0.3 %, HTi: 1.0 h a 6.0 h, pH: 9.0, HTe: 50 °C	RP, MIC	Efectos positivos de la glicosilación en el RP  Mejora la MIC de los HP mediante la conjugación con la glucosa
Frijol negro (Zheng y col., 2019)	Alcalasa <sup>®</sup> , Bromelina, Ficina	E/S: 2.0 %, HTi: 1.0 h a 5.0 h, pH-HTe: Ficina (5.7 °C a 65 °C), Bromelina (7.0 °C a 55 °C), Alcalasa <sup>®</sup> (8.5 °C a 55 °C)	LOI, MIC	Una forma independiente de la dosis para los cambios en la actividad antioxidante  La MIC es más fuerte para los HP tratados con Alcalasa <sup>®</sup> en diferentes tiempos de reacción, mientras que los HP tratados con Bromelina fueron mejores en LOI
Frijol pinto (Ngho y Gan, 2016)	Protamex <sup>®</sup>	E/S: 0.1 %, HTi: 1.0 h, pH: 7.5, HTe: 50 °C	RP	El RP incrementó al aumentar la relación E/S en los HP
Frijol común (Ohara y col., 2021)	Flavourzima <sup>®</sup> , Alcalasa <sup>®</sup> , Neutrasa <sup>®</sup>	Enzima conc.: 50 U/mL, HTe: 50 °C, HTi: 2.0 h, pH: 7.0	RP	Es mejor el RP de los HP obtenidos por la enzima binaria y las mezclas ternarias que las preparadas por enzimas individuales
Frijol negro Jamapa (Carrasco-Castilla y col., 2012)	Pepsina, Pancreatina	E/S: 0.05 %, HTe: 37 °C, Pepsina (pH: 2.5, HTi: 1.5 h), Pancreatina (pH: 7.5, HTi: 2.0 h)	RP, MIC, β-CBI	Las actividades antioxidantes se debieron a la liberación de secuencias de péptidos que contenían arginina, leucina, fenilalanina, triptófano y lisina en su extremo carboxilo terminal
Frijol rojo riñón (Udeh y col., 2021)	Alcalasa <sup>®</sup> , Pepsina + Pancreatina	Alcalasa <sup>®</sup> (HTe: 50 °C, pH: 8, HTi: 4 h), Pepsina (HTe: 37 °C, pH: 2, HTi: 2 h), Pancreatina (HTe: 37 °C, pH: 8, HTi: 4 h)	RP, MIC	Un aumento de 6 a 8 veces para los HP que la proteína nativa para el PR  Mejor valor de la MIC de los HP (18 % a 30 %) en comparación con las proteínas
Frijol rojo riñón (Al-Ruwaih y col., 2019)	Alcalasa <sup>®</sup>	E/S: 0.5 % a 1.0 %, HTi: 4.0 h, HTe: 50 °C	DPPH	El efecto antirradical máximo (~ 30.1 %) y DH (23.9 %) para los HP generados a partir de proteínas pretratadas a 300 MPa (15 min) y 1.0 % de Alcalasa <sup>®</sup>
Frijol rojo riñón (Saad y col., 2020)	Pepsina	E/S: 0.005 %, HTi: 6.0 h, HTe: 37 °C	DPPH, ABTS	La actividad antirradical máxima (85 % para DPPH y 80 % para ABTS) después de 6 h de hidrólisis

Continúa...

Frijol rojo riñón (Udeh y col., 2021)	Alcalasa®, Pepsina, Pancreatina	E/S: 0.04 %, HTi-HTe: Alcalasa® (4.50), Pepsina (2.37), Pancreatina (4.37)	DPPH, ABTS, OH	Una mejora significativa en la actividad antirradical de los HP comparados con la proteína nativa
Frijol pinto (Ngho y Gan, 2016)	Protamex®	E/S: 0.1 %, HTi: 1.0 h	ABTS	La actividad antirradical más alta (42.18 %) para los péptidos fraccionados de < 3 kDa durante la ultrafiltración
Frijol negro (Evangelho y col., 2017)	Alcalasa®, Pepsina	E/S: 0.05 %, HTi: 0.25 h a 2.0 h, HTe: 37 °C y 50 °C	DPPH, ABTS	El alto potencial para obtener DPPH y ABTS es por HP obtenidos mediante la Pepsina y Alcalasa®, respectivamente
Frijol negro (Zheng y col., 2019)	Ficina, Bromelina, Alcalasa®	E/S: 2.0 %, HTi: 1.0 h a 5.0 h, HTe: 55 °C y 65 °C	DPPH	La actividad antirradical máxima después de la hidrólisis de 4 h con ficina en un patrón dependiente de la concentración
Frijol negro Jamapa (Carrasco-Castilla y col., 2012)	Pepsina, Pancreatina	E/S: 0.05 %, HTi: 1.5 h a 2.0 h, HTe: 37 °C	ABTS	Un aumento de siete veces en comparación con la preparación original de HP y Faseolina lo cual se debe al alto contenido de aminoácidos hidrofóbicos, en particular la fenilalanina
Frijol Lima (Polanco-Lugo y col., 2014)	Pepsina, Pancreatina	E/S: 0.02 %, HTi: 0.1 h a 5.0 h, HTe: 37 °C	ABTS	El alto TEAC (13.2 mM/mg de proteína) es debido a la actividad proteolítica específica para hidrolizar las vicilinas, con una considerable composición activa de superficie y aminoácidos
Frijol HTC (Betancur-Ancona y col., 2014)	Alcalasa®-Flavourzima®, Pepsina-Pancreatina	E/S: 2.4 AU/g* (Alcalasa®), 0.1 LAPU/g* (Flavourzima®), Pepsina-Pancreatina (0.5 %), HTi: 0.25 h a 2.0 h, HTe: 37 °C y 50 °C	ABTS	Un TEAC es más fuerte para la mezcla de Alcalasa®-Flavourzima® (8.1 mM/mg) en comparación con Pepsina-Pancreatina (6.4 mM/mg)
Frijol HTC (Ruiz-Ruiz, y col., 2013)	Alcalasa®-Flavourzima®, Pepsina-Pancreatina	E/S: 3.0 AU/g* (Alcalasa®), 50 LAPU/g* (Flavourzima®), Pepsina-Pancreatina (0.1 %), HTi: 0.75 h y 1.5 h, HTe: 37 °C y 50 °C	ABTS	El TEAC máximo para fracciones <1 kDa de los hidrolizados de Alcalasa®-Flavourzima®

Continúa...

Frijol común (Ohara y col., 2021)	Flavourzima <sup>®</sup> , Alcalasa <sup>®</sup> , Neutrasa <sup>®</sup>	E/S: 50 U/mL, HTi: 2.0 h, HTe: 50 °C	DPPH	El efecto sinérgico de Flavourzima <sup>®</sup> y Alcalasa <sup>®</sup> aumenta el 40.13 % y el 30.59 % en la búsqueda de DPPH que los HP obtenidos con enzimas individuales
-----------------------------------	--	--------------------------------------	------	--

<sup>a</sup>E/S: enzima/sustrato (% p/v); HTi: tiempo de hidrólisis (h); HTe: temperatura de hidrólisis (°C); AU: Unidades Anson; LAPU: Unidades Leucina Aminopeptidasa. <sup>b</sup>Inhibición de la Oxidación de Lípidos (LOI, por sus siglas en inglés: Lipid Oxidation Inhibition); Poder Reductor (RP, por sus siglas en inglés: Reducing Power); Quelación de Iones Metálicos (MIC, por sus siglas en inglés: Metal Ion Chelation); HP: Hidrolizados Proteínicos;  $\beta$ -CBI: Inhibición del blanqueamiento de  $\beta$ -caroteno; ABTS: Ácido 2,2'-azino-bis-(3-etiltiazolina-bencenosulfónico-6, DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidracilo. <sup>c</sup>Grado de hidrólisis (DH, por sus siglas en inglés: Degree of Hydrolysis); Capacidad Antioxidante Equivalente de Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity).

captura de radicales (TRAP, por sus siglas en inglés: Total Reactive Antioxidant Potential), poder reductor (RP, por sus siglas en inglés: Reducing Power) e inhibición de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (Gulcin, 2020).

Aguilar y col. (2019) utilizando hidrolizados proteínicos (HP) del frijol negro informaron que mejoraba su actividad antioxidante hasta en un 70 % en el RP, usando una mezcla de proteasas (alcalasa<sup>®</sup> y flavourzyme<sup>®</sup>). Otros investigadores utilizando dos proteasas de la familia de las subtilisinas: alcalasa<sup>®</sup> y savinasa, encontraron hidrolizados con potentes actividades eliminadoras de radicales libres (326 mmol a 348 mmol TE/g) cuando se utilizó alcalasa<sup>®</sup> durante 2 h de hidrólisis (García-Mora y col., 2015). La alcalasa<sup>®</sup> puede producir péptidos antioxidantes de manera efectiva debido a su amplia especificidad y sitios de corte de aminoácidos hidrofóbicos que actúan como donantes de hidrógeno. Los PBA reportados fueron: SGAM, DSSG, LLAH, YVAT, EPTE y KPKL con propiedades antioxidantes obtenidos de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cuyas masas moleculares determinadas por cromatografía de líquidos acoplado a espectrometría de masas/masas (LC-MS/MS, por sus siglas en inglés: Liquid Chromatography Mass Spectrometry/Mass Spectrometry) osciló entre 300 Da y 1 500 Da (Mojica y de-Mejía, 2015). Zheng y col. (2019) evaluaron la actividad antioxidante de HP del frijol negro usando proteasas vegetales (e.g.

ficina y bromelina) y microbianas (e.g. alcalasa<sup>®</sup>) durante 5 h de hidrólisis, donde se encontró, que los hidrolizados con mayor capacidad antioxidante fueron obtenidos con alcalasa<sup>®</sup>, evaluado como capacidad de eliminar el radical DPPH (IC<sub>50</sub> 21.11  $\mu$ g/mL), así como de quelar el ion ferroso (IC<sub>50</sub> 6.82  $\mu$ g/mL). Por otro lado, algunos investigadores, utilizando el frijol rojo riñón, aplicando tecnologías emergentes como alta presión hidrostática (300 MPa) acoplado a hidrólisis enzimática utilizando alcalasa<sup>®</sup> (1 % E/S), durante 15 min, obtuvieron un valor de 30.1 % en la capacidad para eliminar el radical DPPH, en comparación con la hidrólisis enzimática, la cual fue de 24.7 % (Al-Ruwaih y col., 2019).

Evangelho y col. (2017) utilizando hidrolizados enzimáticos del frijol negro, mediante pepsina y alcalasa<sup>®</sup> (1:20 E/S), durante 2 h, encontraron que la actividad eliminadora del radical DPPH fue mayor ( $\approx$  44 %) para la pepsina comparado con alcalasa<sup>®</sup> ( $\approx$  37 %), sin embargo, al evaluar la actividad eliminadora del radical ABTS<sup>•+</sup> observaron que los hidrolizados obtenidos con alcalasa<sup>®</sup> presentaron un valor mayor de 64 % comparado con la pepsina, que fue de 47 %. Estudios recientes han demostrado que, fraccionar las proteínas del frijol rojo riñón en albúminas y globulinas antes de hidrolizarlas, permite inducir diferentes efectos; la fracción de globulinas mostró mayor capacidad antioxidante: atrapamiento de los radicales ( $\cdot$ OH, DPPH $\cdot$  y ABTS<sup>•+</sup>), quelación de metales y

FRAP, que asociaron a un carácter más hidrofóbico, resultante del mayor contenido de enlaces disulfuro presentes en la globulina en comparación con las glicoproteínas de la albúmina. Sin embargo, cuando la fracción proteínica original fue hidrolizada mediante alcalasa® y la combinación pepsina-pancreatina se encontró un aumento de  $\approx 88\%$ ,  $80\%$  y  $73\%$  en el atrapamiento de los radicales  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{DPPH}\cdot$  y  $\text{ABTS}^{+\cdot}$ , respectivamente, para los hidrolizados realizados con pepsina-pancreatina. Los autores mencionaron que la hidrólisis dio como resultado un aumento del contenido de aminoácidos aromáticos e hidrofóbicos, los cuales, al estar presentes en los hidrolizados, sus péptidos manifiestan una alta capacidad para transferir electrones, quelar o para neutralizar las ROS y RNS (Udeh y col., 2021).

#### Actividad antihipertensiva

La hipertensión representa una amenaza grave y creciente para la salud humana, puede causar muchas enfermedades graves, como insuficiencia cardíaca, accidente cerebrovascular e insuficiencia renal (Wei y col., 2019); a nivel mundial afecta entre el  $10\%$  al  $20\%$  de los adultos y del  $40\%$  al  $50\%$  de las personas de edad avanzada (Das y Hati, 2022). Los estilos de vida poco saludables, un elevado estrés psicológico y los cambios en las funciones físicas debido al envejecimiento y la obesidad son responsables de la alta prevalencia de la hipertensión (Xiang y col., 2023). Para regular la presión arterial en humanos y otros mamíferos existen dos sistemas endócrinos: renina-angiotensina y calicreínacina, en donde la enzima convertidora de angiotensina ACE presenta un papel clave en modulación de la presión arterial al convertir la angiotensina-I en angiotensina-II, un potente vasoconstrictor, lo que provoca un aumento de la presión arterial (Jogi y col., 2022; Tawalbeh y col., 2023). Por lo tanto, la inhibición de esta enzima se ha considerado como una forma crucial de reducir la presión arterial, así como ajustes en el estilo de vida, enfoques dietéticos y terapia farmacológica.

Diversos autores han utilizado hidrólisis enzimática para producir péptidos inhibidores de la ACE. Udeh y col. (2021) realizaron hidrolizados proteínicos (HP) del frijol rojo riñón, encontrando un incremento en la actividad inhibitoria de la ACE (i-ACE) de  $93\%$  y  $85\%$  cuando se usó pepsina-pancreatina y alcalasa®, respectivamente; se reportó que después de 4 h de hidrólisis, la mayor actividad i-ACE se presentó en el sistema proteolítico conjugado (pepsina-pancreatina), debido a las actividades duales de endo y exopeptidasa. Rui y col. (2012) evaluaron las actividades i-ACE de los HP obtenidos de frijoles rojos, blancos y negros calentados o sin calentar en un sistema de digestión secuencial de alcalasa®-flavourzyme® o alcalasa®-papaína. Los resultados mostraron que el uso de pretratamiento térmico y una mezcla de alcalasa®-papaína podría degradar rápidamente las proteínas del frijol en péptidos más pequeños en las primeras etapas de la digestión, lo que generó a una mayor actividad antihipertensiva. Los autores reportaron, la actividad inhibidora media máxima ( $\text{IC}_{50}$ ) de la ACE para los hidrolizados con alcalasa®-papaína durante 95 min a 100 min de frijoles calentados, obteniendo los siguientes valores: blancos ( $\text{IC}_{50} = 68 \mu\text{g/mL}$ ), rojos ( $\text{IC}_{50} = 78 \mu\text{g/mL}$ ) y negros ( $\text{IC}_{50} = 83 \mu\text{g/mL}$ ). Estos hallazgos demostraron que el mecanismo de escisión de la proteasa específico de la papaína acelera la liberación de péptidos con actividades de i-ACE a partir de las proteínas del frijol. Por otro lado, Akilloğlu y Karakaya (2009), reportaron un incremento en la actividad i-ACE en los HP de frijol común y pinto al aplicar calor a  $121\text{ }^\circ\text{C}$  en varios momentos antes de la digestión gastrointestinal (GI) *in vitro*, debido a una mayor liberación de PBA. Rui y col. (2013) también evaluaron la actividad i-ACE ( $\text{IC}_{50} = 67.2 \mu\text{g/mL}$ ) de HP del frijol rojo producidos por digestión secuencial con alcalasa®-papaína seguida de simulación GI *in vitro*. La purificación y el fraccionamiento en tres pasos de los hidrolizados del frijol rojo condujeron a la detección de péptidos de 5 kDa con una actividad i-ACE del  $78.2\%$ . Ruiz-Ruiz y col. (2013), usando frijol negro común (*Phaseolus*

*vulgaris* L.) var. Jamapa, difíciles de cocinar, realizaron HP utilizando dos sistemas enzimáticos secuenciales de pepsina-pancreatina y alcalasa®-flavourzyme®. Posteriormente se fraccionaron en varias secuencias de péptidos con diferentes masas moleculares, las fracciones peptídicas que tenían de entre 9 a 11 aminoácidos (1.1 kDa a 1.3 kDa) presentaron actividades i-ACE más altas, por lo que los investigadores indicaron una correlación entre la masa del péptido y la actividad i-ACE. En la Tabla 2 se encuentra concentrada la información correspondiente a la actividad antihipertensiva evaluada en los hidrolizados del frijol común.

### Actividad antidiabética

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica de distribución mundial causada por una hiperglucemia crónica, resultante de defectos en la secreción y/o acción de la insulina, que afecta el metabolismo de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas, causando una morbilidad y mortalidad impresionantes en todo el mundo. Se encuentra dentro de las 10 principales causas de muerte a nivel mundial (Lin y col., 2020). La Asociación Americana de Diabetes (ADA, 2021), informó que los efectos de la DM a largo plazo están asociados a un gran número de complicaciones, tales como enfermedades cardiovasculares (ECV), enfermedad renal, hipertensión, neuropatías (enfermedad de los nervios) y ceguera (retinopatías). Existen varios tipos de DM, sin embargo, los tipos más representativos de dicha enfermedad a nivel mundial son: el tipo 1 y 2, y la gestacional, ocupando el 90 %, 5 % a 7 % y 2 % a 3 %, respectivamente (Antony y Vijayan, 2021). En 2021, 537 millones de personas padecían diabetes, se prevé que esta cifra alcance los 643 millones en 2030 y los 783 millones en 2045. Además, 541 millones de personas presentaron intolerancia a la glucosa en 2021, según los datos de la Federación Internacional de Diabetes (IDF, 2021).

Debido al impacto que representa la DM a nivel mundial, siendo la tipo 2 la de mayor

prevalencia en la población, existen diversos medicamentos con efecto hipoglucemiante y que son bien tolerados vía oral. Los hipoglucemiantes orales ayudan a controlar los niveles de glucosa en sangre por diversos mecanismos, entre los cuales se encuentran las biguanidas (metformina), la cual reduce la resistencia a la insulina en el hígado y disminuye la producción de glucosa hepática; tiazolidinedionas, que mejoran la sensibilidad a la insulina; sulfonilureas y meglitinidas; que son secretagogos de insulina; gliflozinas: inhibidores del cotransportador sodio-glucosa tipo 2 (SGLT2, por sus siglas en inglés: Sodium-Glucose co-Transporter-2); acarbosa y miglitol: inhibidores de la  $\alpha$ -glucosidasa; acarbosa: inhibidor de la  $\alpha$ -amilasa y; gliptinas: inhibidores de la dipeptidil peptidasa - IV (DPP-IV) (ADA, 2020; Moreno-Valdespino y col., 2020; Hu y col., 2023; Rahmi y Arcot, 2023).

La DPP-IV, la  $\alpha$ -glucosidasa y la  $\alpha$ -amilasa son algunas de las enzimas implicadas en el metabolismo de la glucosa. La DPP-IV degrada dos hormonas llamadas incretinas (GLP1 y GPI) que estimulan la liberación de insulina durante una comida, responsables de hasta el 70 % de liberación de esta hormona de forma posprandial (Barati y col., 2020). Por el papel que representa la DPP-IV, la inhibición de dicha enzima es una estrategia para tratar la diabetes. Otra forma de controlar la enfermedad es inhibir la actividad de la  $\alpha$ -glucosidasa o  $\alpha$ -amilasa, con ello se retardará la liberación de glucosa, debido a que estas enzimas son cruciales para controlar la absorción de glucosa en el intestino delgado (Acquah y col., 2022). En la Tabla 3 se encuentra concentrada la información correspondiente a la actividad antidiabética evaluada en los hidrolizados del frijol común.

Los HP de frijoles (Pinto Durango y Negro 8025) difíciles de cocinar (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron evaluados como fuente de péptidos antidiabéticos por Oseguera-Toledo y col. (2015), quienes demostraron que las fracciones con un peso molecular inferior a 1 kDa de los hidrolizados de frijol, obtenidos por

■ **Tabla 2. Actividad antihipertensiva de hidrolizados proteínicos de distintos cultivares del frijol.**  
Table 2. Antihypertensive activity of protein hydrolysates from different bean cultivars.

Tipo/ Cultivar/ (Referencias)	Tipo de enzima	Condiciones de hidrólisis <sup>a</sup>	IC <sub>50</sub> más bajo (mg/mL)	Notas especiales <sup>b</sup>
Frijol común (Ariza-Ortega y col., 2014)	Alcalasa <sup>®</sup>	E/S: 0.3 AU/g, HTi: 2.0 h	0.061 mg/mL	La máxima actividad inhibidora de la ACE-I <i>in vitro</i> ocurrió en la variedad azufrado higuera, el cual contiene la fracción peptídica (F 3-10 kDa), la cual disminuye la presión arterial sistólica en ratas en un período de 2 h después de la administración de una dosis única por vía Interperitoneal
Frijol blanco (Rui y col., 2012)	Alcalasa <sup>®</sup> - Flavourzima <sup>®</sup> , Alcalasa <sup>®</sup> - Papaína	E/S: 0.125 %, 0.1 %, 0.04 %. HTi: 1.5 h.	68 µg/mL	La mayor liberación de péptidos bioactivos con actividades antihipertensivas de los HP generados fue a partir de Alcalasa <sup>®</sup> -Papaína
Frijol azufrado (Valdez-Ortiz y col., 2012)	Alcalasa <sup>®</sup> , Termolisina, Pancreatina	E/S: 1.0 %, 3.3 %, 4.0 %, HTi: 2.0 h.	0.11 µg/mL	La diversa capacidad antihipertensiva entre los HP generalmente se basó en la proteasa aplicada para la hidrólisis en lugar de en el origen del concentrado proteínico
Frijol negro (Rui y col., 2012)	Alcalasa <sup>®</sup> - Flavourzima <sup>®</sup> , Alcalasa <sup>®</sup> - Papaína	E/S: 0.125 %, 0.1 %, 0.04 %, HTi: 1.5 h	83 µg/mL	Mayor potencial antihipertensivo de los HP obtenidos con Alcalasa <sup>®</sup> -Papaína en comparación con el de los HP producidos Alcalasa <sup>®</sup> -Flavourzima <sup>®</sup>
Pequeño frijol rojo (Rui y col., 2012)	Alcalasa <sup>®</sup> - Flavourzima <sup>®</sup> , Alcalasa <sup>®</sup> - Papaína	E/S: 0.125 %, 0.1 %, 0.04 %, HTi: 1.5 h	78 µg/mL	Las actividades inhibitorias de la ACE más altas para los HP fueron de Alcalasa <sup>®</sup> -Papaína comparados con los generados por Alcalasa <sup>®</sup> -Flavourzima <sup>®</sup>
Pequeño frijol rojo (Rui y col., 2012)	Alcalasa <sup>®</sup> - Papaína	E/S: 0.125 %, HTi: 1.5 h	206.7 µM	Se identifico el octapéptido PVNNPQIH con una considerable actividad inhibidora de la ACE por primera vez
Frijol HTC (Ruiz-Ruiz, y col., 2013)	Alcalasa <sup>®</sup> - Flavourzima <sup>®</sup> , Pepsina- Pancreatina	E/S: 3.0 AU/g* (Alcalasa <sup>®</sup> ), 50 LAPU/g* (Flavourzima <sup>®</sup> ), Pepsina- Pancreatina (0.1), HTi: 0.75 h y 1.5 h	0.001 µg/mL	La actividad inhibitoria máxima de la ACE para < 1 kDa fue de fracciones peptídicas de Alcalasa <sup>®</sup> -Flavourzima <sup>®</sup>

Continúa...

Frijol Lima (Torruco-Uco y col., 2009)	Alcalasa®, Flavourzima®	E/S: 0.3 AU/g* (Alcalasa®), 50 LAPU/g* (Flavourzima®), HTi: 0.25 h a 1.5 h	0.006 9 mg/mL	La máxima actividad inhibitoria de la ACE para los HP producidos con Flavourzima® a los 90 min
Frijol Lima (Chel-Guerrero y col., 2012)	Alcalasa®, Pepsina-Pancreatina	E/S: 0.02 % a 0.1 %, HTi: 0.5 h ó 2.0 h	0.250 mg/mL	La actividad inhibidora de la ACE más alta fue para los HP generados con Pepsina-Pancreatina
Frijol Jamapa (Torruco-Uco y col., 2009)	Alcalasa®, Flavourzima®	E/S: 3.0 AU/g* (Alcalasa®), 50 LAPU/g* (Flavourzima®), HTi: 0.25 h a 1.5 h	0.061 mg/mL	La actividad antihipertensiva máxima para los HP obtenidos fue con Alcalasa® a los 60 min

<sup>a</sup>E/S: enzima/sustrato (% p/v); HTi: tiempo de hidrólisis (h); AU: Unidades Anson; LAPU: Unidades Leucina Aminopeptidasa. <sup>b</sup>Enzima convertidora de angiotensina (ACE, por sus siglas en inglés: Angiotensin converting-enzyme); HP: Hidrolizados Proteínicos.

alcalasa® y bromelina, presentaron potencial antidiabético. Se demostró que la fracción < 1 kDa del frijol pinto Durango-bromelaína mostró la mejor inhibición de la  $\alpha$ -amilasa ( $49.9 \pm 1.4$  %), y la fracción < 1 kDa del frijol pinto Durango-alcalasa® inhibió tanto la  $\alpha$ -glucosidasa ( $76.4 \pm 0.5$  %) como la DPP-IV ( $55.3 \pm 1.6$  %); y las secuencias peptídicas de LLSL, QQEG y NEGEAH se identificaron a partir de las fracciones más potentes. Además, encontraron que los hidrolizados y las fracciones (< 1 y 1 kDa a 3 kDa) aumentaron la secreción de insulina, estimulada por glucosa en las células iNS-1E hasta un 57 % en comparación con el control de glucosa. Se ha demostrado que los péptidos antidiabéticos, con los aminoácidos: prolina, glicina, serina, leucina, valina y alanina; en la posición N-terminal, inhiben el sitio catalítico de las enzimas  $\alpha$ -amilasa,  $\alpha$ -glucosidasa y DPP-IV. El cambio de los aminoácidos en esta ubicación, así como la estructura y conformación de la cadena peptídica, dio como resultado un potencial inhibidor variado (Castañeda-Pérez y col., 2019). En un estudio de frijol común (variedades negro, pinto, rojo, blanco y gran norte), los HP de frijol blanco, elaborados con pepsina-pancreatina, exhibieron la mayor actividad inhibidora de la DPP-IV. Las

secuencias identificadas fueron QQRRLLRRK y LRENNKLMLELK, las cuales se identificó que obstaculizaban el sitio catalítico de las enzimas  $\alpha$ -amilasa,  $\alpha$ -glucosidasa y DPP-IV, y por lo tanto su función (Mojica y col., 2015). Por otro lado, Mojica y de-Mejía (2016), evaluando HP del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), encontraron que, utilizando alcalasa® durante 2 h (E/S 1:20), se obtuvo la mayor cantidad de péptidos antidiabéticos para DPP-IV (96.7 %),  $\alpha$ -amilasa (53.4 %) y  $\alpha$ -glucosidasa (66.1 %). Los autores evaluaron mediante un análisis de acoplamiento molecular las secuencias peptídicas: EGGLELLLLLAG, AKSPLF y FEELN (inhibieron la DPP-IV), TTGGKGGK (inhibió la  $\alpha$ -glucosidasa), así como AKSPLF y WEVM (inhibieron la  $\alpha$ -amilasa). También reportaron que las principales uniones en el sitio catalítico fueron con los aminoácidos Asp<sub>192</sub>, Glu<sub>192</sub> y Arg<sub>253</sub> para la enzima DPP-IV; Tyr<sub>151</sub>, His<sub>201</sub> e Ile<sub>235</sub> para la  $\alpha$ -amilasa; y Asp<sub>34</sub>, Thr<sub>83</sub> y Asn<sub>32</sub> con la  $\alpha$ -glucosidasa. En otro estudio de revisión se argumentó que los residuos de aminoácidos de: histidina, triptófano, tirosina y arginina mostraron potencial de inhibición de la  $\alpha$ -amilasa. Estos residuos, identificados en fracciones peptídicas, se unían al sitio catalítico de la enzima mediante interacciones hidrofóbicas que impidieron a la enzima li-

■ **Tabla 3.** Actividad antidiabética de los hidrolizados proteínicos cultivares del frijol.  
 Table 3. Antidiabetic activity of bean cultivar protein hydrolysates.

Tipo/Cultivar/ (Referencias)	Tipo de enzima	Condiciones de hidrólisis <sup>a</sup>	In vitro			Secuencia peptídica
			Máxima inhibición enzimática		DPP-IV	
			$\alpha$ -amilasa	$\alpha$ -glucosidasa		
Frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.): Negro Pinto Rojo Navy Gran Norte (Mojica y col., 2015)	Pepsina- Pancreatina	E/S: 1:20, pH: Pepsina (2.0), Pancreatina (7.5), HTi: 2 h, HTE: 37 °C	$36 \pm 1.7$ % inh AC/mg de proteína [Prot] = no reportada [Enz] = 13 U/mL [Ac] = 1mM <b>Muestra:</b> Frijol Rojo <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, entera	> 40 % (~ 48 %-67 %) inh AC/ mg de proteína [Prot] = no reportada [Enz] = 1U/mL [Ac] = 1mM <b>Muestra:</b> Todos <b>Tipo de muestra:</b> Cruda y precocinada	0.093 mg de proteína /mL [Prot] = 1 mg DW/mL [Enz] = 100 ng/mL [control] = no reportada <b>Muestra:</b> Frijol Navy <b>Tipo de muestra:</b> Precocinada, entera	LAPPG, KLLL RRLQ, REYLLVAQ, LRENNKLMML LELK, RLLKLRQ
Frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.): México, Pinto: Pinto-Bayacora Pinto-Bravo Pinto-Centenario Pinto-Saltillo México, Flores de Mayo y Junio: FMayo-Eugenia FMayo-67 FMayo-199 FMayo-202 FJunio-Leon FJunio-Marcela México-Negros: Negro-Frijozac Negro-Otomí Brazil, Carioca: BRSHorizonte BRS-Pontal Perola (Mojica y de- Mejía, 2015)	Pepsina- Pancreatina	E/S: 1:20, pH: Pepsina (2.0), Pancreatina (7.5), HTi: 6 h, HTE: 37 °C	$14.9 \pm 1.7$ % inh AC/mg BPI [Prot] = no reportada [Enz] = 13 U/mL [Ac] = 1mM <b>Muestra:</b> Frijol Pinto-Bayacora <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada	$14.9 \pm 0.4$ % inh rel AC/mg BPI [Prot] = no reportada [Enz] = 13 U/mL [Ac] = 1mM <b>Muestra:</b> FMayo-67 <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada	SGAM, DSSG, LLAH, YVAT, EPT, KPPL	Continúa...

<p>Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.): Negro Otomí BRS-Horizonte BRS-Pontal Perola (Mojica y col., 2016)</p>	<p>Alcalasa®</p>	<p>E/S: 1:20, HTi: 2 h, HTe: 50 °C</p>	<p>50.10 % inh/mg DW [Prot] = 1 mg DW/mL [Enz] = 1 U/mL [Ac] = 1 mmol/L <b>Muestra:</b> BRS-Horizonte <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>0.14 mg DW/mL [Prot] = 1 mg DW/mL [Enz] = 10 ng/mL [control] = no reportada <b>Muestra:</b> Negro Otomí <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>96.7 % inh/materia seca [Prot] = 1 mg DW/mL [Enz] = 10 ng/mL [control] = no reportada <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>AKSPLF, Q TPF, FEELN, LSKSVL, EGLE LLLL LLAG</p>
<p>Negro Otomí (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (Mojica y de-Mejía, 2016)</p>	<p>Flavourzyme®, Papaina, Alcalasa®</p>	<p>E/S-HTi: Flavourzyme® (1:20, 2 h), Papaina (1:20, 1:30 y 1:50; 2 h, 3 h y 4 h), Alcalasa® (1:20, 2 h)</p>	<p>64.5 ± 2.7 % inh/mg materia seca [Prot] = 1 mg DM/mL [Enz] = 13 U/mL [Ac] = 1 mM <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>75.3 ± 0.7 % a 78.4 ± 0.6 % inh/mg materia seca (no estadísticamente diferente) [Prot] = 1 mg DM/mL [Enz] = 1 U/mL [Ac] = 1 mmol/L <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>55.3 ± 1.6 % [Prot] = 100 µg/mL [Enz] = 100 ng/mL [control] = no reportada <b>Muestra:</b> Pinto Durango <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>FFL, LLSL, QQEG, NEGEAH</p>
<p>Frijol común HTC (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.): cv Negro 8025 cv Pinto-Durango (Oseguera-Toledo y col., 2015)</p>	<p>Bromelina, Alcalasa®</p>	<p>HTi: 2 h (Bromelina), 2 h (Alcalasa®)</p>	<p>49.9 ± 1.4 % [Prot] = 100 µg/mL [Enz] = 10.8 U/mL [Ac] = 1 mM <b>Muestra:</b> Pinto Durango <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>76.4 ± 0.5 % [Prot] = no reportada [Enz] = 1.0 U/mL [Ac] = 1 mM <b>Muestra:</b> Pinto Durango <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, descascarada</p>	<p>1.2 mg proteína soluble/ mL [Prot] = 0.1-4.0 mg/mL [Enz] = 100 ng/mL [control] = no reportada <b>Tipo de muestra:</b> Descascarada, no germinada</p>	<p>RGPLVNP DPKPFLL</p>
<p>Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>) (de-Souza-Rocha y col., 2015)</p>	<p>Alcalasa®</p>	<p>HTe: 50 °C, HTi: 4 h, pH: 8.0</p>	<p>30.88 ± 2.45 % AC/mg SP [Prot] = 1 mg/mL [Enz] = 13 U/mL [Ac] = 1 mM <b>Tipo de muestra:</b> Descascarada, germinada 24 h</p>	<p>1.2 mg proteína soluble/ mL [Prot] = 0.1-4.0 mg/mL [Enz] = 100 ng/mL [control] = no reportada <b>Tipo de muestra:</b> Descascarada, no germinada</p>	<p>1.2 mg proteína soluble/ mL [Prot] = 0.1-4.0 mg/mL [Enz] = 100 ng/mL [control] = no reportada <b>Tipo de muestra:</b> Descascarada, no germinada</p>	<p>RGPLVNP DPKPFLL</p>

Continúa...

Frijol Pinto ( <i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Pinto) (Ngho y Gan, 2016)	Protamex®	E/S: 1:10, HTi: 1 h, pH: 6.5	57.48 ± 2.51 % [Prot] = no reportada [Enz] = 0.5 mg/mL [Ac] = no se usó <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, entera			PPHMLP, PPMHLP, PLPWGAGF, GDAACCGLP LLP, PPHMGGP, PLPPHDL,LL, FNPFPSHTP
Frijol Pinto ( <i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Pinto) (Ngho y Gan, 2018)	Protamex®	E/S: 1:10, HTi: 1 h, pH: 6.5 Fracción de péptido de frijol pinto sintetizado 5 (PBp5)	57.8 % inh/100 µg 10.03 ± 0.47 mM [Prot] = 1 mg/mL [Enz] = 0.5 mg/mL [Ac] = no se usó <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, entera			PBp1: PPHMLP PBp2: PLPWGAGF PBp3: PPHMGGP PBp4: PLPLHMLP PBp5: LSSLEMGS- L-GALFVCM
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (Jakubczyk y col., 2017)	Amilasa® - Pepsina- Pancreatina	E/S: Amilasa® (1:10), Pepsina (1:100), Pancreatina (1:2.5), HTe: 22 °C, HTi: 3 h	0.038 µg/mL [Prot] = no reportada [Enz] = no reportada [Ac] = no se usó <b>Tipo de muestra:</b> Fermentada con <i>L. plantarum</i> 299v			INEGSLLLP,PH, FVVAEQAGN EEGFE, INEGSLLLP,PH, SGGGGGVA GAATASR
BRS Pontal ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (Valencia-Mejía y col., 2019)	Pepsina, Pancreatina	E/S: 1:20, HTi: 3 h, pH: 2.0 (Pepsina), 7.5 (Pancreatina)	89.1 ± 0.3 % [Prot] = 10 mg/mL [Enz] = 10 U/mL [Ac] = 10 mg/mL <b>Tipo de muestra:</b> Frijol HTC, crudo, descascarado			
Frijol Carioca ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv Carioca) (Ohara y col., 2021)	Alcalasa® - Neutrasa®, Flavourzyme®, Alcalasa®	E/S: Alcalasa® - Neutrasa® (1/2:1/2), Flavourzyme®: Alcalasa® (1/1:2/2)	101.61 ± 0.78 % [Prot] = 1 mg/mL [Enz] = no reportada [Ac] = no se usó <b>Tipo de muestra:</b> Cruda, entera			
						Continúa...

<i>In vivo</i>				
Tipo/ Cultivar/ (Referencias)	Tipo de enzima	Condiciones de hidrólisis <sup>a</sup>	Notas especiales	Mecanismo
Frijol negro (Mojica y col., 2017)	Alcalasa <sup>®</sup>	E/S: 1:20, HTi: 2 h, pH: 7.0	<b>Modelo:</b> Ratas Wistar inducidas por STZ, célula Caco-2 <b>Patrón de alimentación y tratamiento:</b> 100 mg, 150 mg y 200 mg HPI/kg/BW, 15 d, péptido puro (100 µM), HPI (10 mg/mL) <b>Efecto e índice hipoglucemiante:</b> absorción de glucosa↓, insulina↓, GLP-1↑, OGTT↓, BW↓, BG↓, nivel postprandial de glucosa↓, GLUT2↓, SGLT1↓ <b>Secuencia de aminoácidos:</b> AKSPLF, ATNPL, FFEELN, LSVSVL	Reducir la absorción de glucosa mediante el bloqueo de los transportadores de glucosa GLUT2 y SGLT1 (en silicio)
Frijol común (Valencia-Mejía y col., 2019)	Pepsina, Pancreatina	E/S: 1:20, HTi: 3 h, pH: 2.0 (Pepsina), 7.5 (Pancreatina)	<b>Modelo:</b> Rata Wistar macho <b>Patrón de alimentación y tratamiento:</b> 0.5 mg/kg a 5 mg/kg <b>Efecto e índice hipoglucemiante:</b> Nivel de glucosa↓, consumo de glucosa ↑	Actividad hipoglucemiante
Frijol HTC (Oseguera-Toledo y col., 2015)	Bromelina, Alcalasa <sup>®</sup>	HTi: 2 h (Bromelina), 2 h (Alcalasa <sup>®</sup> )	<b>Modelo:</b> célula INS-1E <b>Patrón de alimentación y tratamiento:</b> 1 g de tratamiento hidrolizado <b>Efecto e índice hipoglucemiante:</b> Aumentar la secreción de insulina hasta un 57 %	Aumento de la secreción de insulina
Frijol común (G0-0H) (de-Souza-Rocha y col., 2015)	Alcalasa <sup>®</sup>	HTi: 4 h, pH: 8.0	<b>Modelo:</b> Célula β-pancreática INS-1E <b>Patrón de alimentación y tratamiento:</b> 2 mg SP/mL <b>Efecto e índice hipoglucemiante:</b> Aumentar la secreción de insulina en un 45 % desde el estado basal	Aumento de la secreción de insulina

<sup>a</sup>E/S (Relación enzima-sustrato); HTi (Tiempo de hidrólisis); HTe (Temperatura de hidrólisis); peso en seco (DW, por sus siglas en inglés: dry weight); Ac: Acarbose; AC: relación a acarbose; mg (proteína; DW; hidrolizado; proteína soluble)/mL, µg/mL, o µmol/L; aislado de proteínas de frijol (BPI, por sus siglas en inglés: bean protein isolate); proteína soluble (SP, por sus siglas en inglés: soluble protein); Transportador de glucosa tipo 2 (GLUT2, por sus siglas en inglés: Glucosa Transporter Type 2); Transportador de monosacáridos tipo 1 (SGLT1, por sus siglas en inglés: Monosaccharide transporter Type 1); Estreptozotocina (STZ, por sus siglas en inglés: Streptozotocin); Aislado de proteína hidrolizada (HPI, por sus siglas en inglés: hydrolyzed protein isolate); masa corporal (BW, por sus siglas en inglés: body weight); péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1, por sus siglas en inglés: Glucagon-like peptide-1); línea celular utilizada en mecanismos de secreción de insulina estimulada por glucosa (INS-1E, por sus siglas en inglés: cell line used in glucose-stimulated insulin secretion mechanisms); SP (proteína soluble); difícil de cocinar (HTC, por sus siglas en inglés: Hard-to-cook); prueba oral de tolerancia a la glucosa (OGTT, por sus siglas en inglés: Oral Glucose Tolerance Test); G0-0H (muestra no germinada y no hidrolizada); ↓ (efecto inhibitorio); ↑ (efecto estimulativo).

garse con el respectivo sustrato (Obiro y col., 2008). Mojica y col. (2017), sometieron frijol negro mexicano y carioca brasileño a digestión con pepsina/pancreatina, y encontraron que la concentración media máxima inhibitoria ( $IC_{50}$ ) para la DPP-IV fue entre 0.03 mg/mL a 0.87 mg/mL (presentando inhibición del tipo competitivo) y para la  $\alpha$ -amilasa 36.3 % a 50.1 %. También probaron la actividad de 4 péptidos puros, previamente aislados de los frijoles analizados, encontrando uno que mostró mayor actividad inhibitoria ( $P < 0.05$ ) para la DPP-IV, el cual fue KTYGL.

### Otras bioactividades

Algunos trabajos de investigación han mostrado evidencia de otras actividades en los HP del frijol común. Luna-Vital y col. (2014), utilizando péptidos presentes en las fracciones no digeribles (FND) del frijol común, los cuales fueron obtenidos mediante hidrólisis enzimática, evaluaron su actividad anticancerígena, específicamente su acción antiproliferativa sobre las células de cáncer colorrectal humano. Encontraron cinco péptidos con actividad antiproliferativa (GLTSK, LSGNK, GEGSGA, MPACGSS y MTEEY), de las dos líneas celulares estudiadas: HCT116 y RKO, los extractos que mostraron mayor grado de inhibición fueron los del frijol azufrado Higuera ( $IC_{50} = 0.53$  mg/mL) y bayo Madero ( $IC_{50} = 0.51$  mg/mL), respectivamente. Además, ambos cultivos aumentaron significativamente ( $P < 0.05$ ) la expresión de p53 en la línea celular HCT116 en un 76 % y 68 %, respectivamente. Los resultados sugieren que los péptidos presentes en la FND del frijol común contribuyeron al efecto antiproliferativo en las células de cáncer colorrectal humano, al modificar las moléculas involucradas en la detención del ciclo celular o la apoptosis.

La actividad antiinflamatoria de HP del frijol pinto (*Phaseolus vulgaris* L.), obtenidos mediante la acción de dos subtilisinas (alcalasa® y savinasa), aumentó al incrementar la concentración de péptidos de bajo peso molecular, después de 120 min con alcalasa®, así como, con el incremento simultáneo del conte-

nido de ácidos hidroxicinámicos y flavonoides en los hidrolizados, después de 90 min, utilizando savinasa, debido a su mayor actividad esterasa. En el estudio se usaron células del miofibroblasto (CCD-18Co) inducidas por la Interleucina 1 beta (IL-1 $\beta$ ), sobre la expresión de la Interleucina 6 (IL-6) utilizada como marcador proinflamatorio. El hidrolizado obtenido por alcalasa® (120 min) fue el que inhibió con mayor potencia la secreción de IL-6 con un valor del 28 % de inhibición *vs.* control, seguido de los hidrolizados producidos por alcalasa® (15 min) y savinasa (60 min o 90 min) siendo del 16 % de inhibición *vs.* control (García-Mora y col., 2015).

Roy y col. (2020) evaluaron el efecto antimicrobiano de hidrolizados proteínicos de frijol rojo riñón obtenidos por pepsina (DPH-1) y papaína (DPH-2). Los investigadores encontraron que el hidrolizado de DPH-1 podría inhibir fuertemente dos bacterias Gram-negativas como *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, con un diámetro de zona de inhibición de 20.26 mm y 19.23 mm, respectivamente. Aunque se observó una ligera actividad bactericida, tanto de DPH-1 como de DPH-2 contra *B. subtilis* y *Staphylococcus aureus*, estos hidrolizados no pudieron prevenir el crecimiento de bacterias Gram positivas como *Proteus mirabilis* y *Klebsiella pneumoniae* y especies de hongos como *Aspergillus* y *Penicillium*. Por otro lado, se ha evaluado la actividad antimicrobiana, en el mismo frijol rojo riñón utilizando el método de difusión en disco, evaluando una concentración de 100 mg/mL de HP de frijol con diversos grados de hidrólisis (GH). La actividad antimicrobiana máxima *in situ* e *in vitro* se encontró para los hidrolizados con un GH del 33.7 %. Los hidrolizados de frijol inhibieron el crecimiento celular de bacterias Gram negativas (*E. coli* O157:H7 y *E. coli* E32511) y Gram positivas (*B. licheniformis* y *B. thuringiensis*) en un 78 % a 80 % y un 70 % a 75 %, respectivamente (Roy y col., 2020).

Referente a la actividad hipocolesterolemica, Gomes y col. (2020) demostraron que, el uso

de HP de frijol común, en ratones BALB/c alimentados con una dieta aterogénica, podría prevenir de forma adecuada la disfunción endotelial al modular el metabolismo de los lípidos. Los autores concluyeron que el HP del frijol mostró actividad hipocolesterolemica, previniendo la inflamación y disfunción del endotelio vascular, además de disminuir el estrés oxidativo, indicando un efecto coadyuvante en la reducción del riesgo aterogénico.

La producción de péptidos vía hidrólisis enzimática ha sido el mejor método para la generación de bioactividades en las proteínas de origen vegetal, sin embargo, debido a la disponibilidad de microorganismos fermentativos, se están explorando nuevas formas de producción de biopéptidos. El método de purificación que tiene un mayor costo/beneficio es el de ultrafiltración, debido a que existen equipos a nivel industrial que permiten una correcta separación. Las proteínas “subutilizadas” encontradas en las semillas de frijol, han demostrado presentar una serie de bioactividades, tales como, antioxidantes, antihipertensivas, antidiabéticas, anticancerígena, antiinflamatoria y antimicrobiana, las cuales pueden ser obtenidas mediante acción proteolítica, lo que hace que los alimentos de origen vegetal sean de interés para una alimentación saludable; dichos alimentos han demostrado tener una excelente biodisponibilidad, además de ser seguros para el ser humano.

## CONCLUSIONES

Los hidrolizados proteínicos del frijol común

(*Phaseolus vulgaris* L.) y sus respectivos péptidos derivados presentan diferentes propiedades bioactivas. La hidrólisis enzimática representa un excelente método para la obtención de péptidos bioactivos. En particular, la enzima alcalasa® o la combinación de esta con alguna proteasa comercial o gastrointestinal, podría ser utilizada con éxito, debido a la liberación de hidrolizados proteínicos/péptidos bioactivos, los cuales podrían ser incorporados en suplementos alimenticios con la finalidad de prevenir o reducir el aumento de la glucosa, el colesterol o los triglicéridos en sangre y con ello reducir el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas, como las cardiovasculares, el cáncer y la diabetes mellitus tipo 2. Entre las actividades que presentan los péptidos bioactivos se encuentran las que podrían tener un impacto sobre patologías involucradas con los procesos de inflamación y estrés oxidativo. La evidencia científica acumulada indica que, el uso de hidrolizados proteínicos, derivados de las semillas de frijol, es adecuado para el desarrollo de aditivos bioactivos, productos nutracéuticos y alimentos funcionales, ya que se ha demostrado que son, además de efectivos, seguros.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto con clave 16886.23-PD.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Acquah, C., Dzuovor, C. K. O., Tosh, S., & Agyei, D. (2022). Anti-diabetic effects of bioactive peptides: recent advances and clinical implications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(8), 2158-2171. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1851168>
- ADA, American Diabetes Association (2020). 9. Pharmacologic Approaches to Glycemic Treatment: Standards of Medical Care in Diabetes—2020. *Diabetes Care*, 43(Supplement\_1), S98-S110. <https://doi.org/10.2337/dc20-S009>
- ADA, American Diabetes Association (2021). 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2021. *Diabetes Care*, 44(Supplement\_1), S15-S33. <https://doi.org/10.2337/dc21-S002>
- Adamson, N. J., & Reynolds, E. C. (1996). Characterization of casein phosphopeptides prepared using alcalase: Determination of enzyme specificity.

*Enzyme and microbial technology*, 19(3), 202-207. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(95\)00232-4](https://doi.org/10.1016/0141-0229(95)00232-4)

Aguilar, J. G. dos, S., Granato-Cason, V., & de Castro, R. J. S. (2019). Improving antioxidant activity of black bean protein by hydrolysis with protease combinations. *International Journal of food science & technology*, 54(1), 34-41. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13898>

Ahamad, J., Ali, F., Sayed, M. A., Ahmad, J., & No-llet, L. M. L. (2022). Basic Principles and Fundamental Aspects of Mass Spectrometry. In L. Nollet & R. Winkler (Eds.), *Mass spectrometry in food analysis* (pp. 3-17). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003091226-2>

Akbarian, M., Khani, A., Eghbapour, S., & Uversky, V. N. (2022). Bioactive Peptides: Synthesis, Sources, Applications, and Proposed Mechanisms of Action. *International Journal of molecular sciences*, 23(3), 1445-1474. <https://doi.org/10.3390/ijms23031445>

Akilloğlu, H. G. & Karakaya, S. (2009). Effects of heat treatment and in vitro digestion on the Angiotensin converting enzyme inhibitory activity of some legume species. *European food research and technology*, 229(6), 915-921. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1133-x>

Alidoost, S., Maleki, M., & Poursaghari, H. (2021). Identifying drivers and factors affecting behavioral risk factors of noncommunicable diseases: A scoping review. *Journal of education and health promotion*, 10, 398-406. [https://doi.org/10.4103/jehp.jehp\\_1379\\_20](https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1379_20)

Al-Ruwaih, N., Ahmed, J., Mulla, M. F., & Arfat, Y. A. (2019). High-pressure assisted enzymatic proteolysis of kidney beans protein isolates and characterization of hydrolysates by functional, structural, rheological and antioxidant properties. *LWT*, 100, 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.074>

Antony, P. & Vijayan, R. (2021). Bioactive Peptides as Potential Nutraceuticals for Diabetes Therapy: A Comprehensive Review. *International journal of molecular sciences*, 22(16), 9059. <https://doi.org/10.3390/ijms22169059>

Aondona, M. M., Ikya, J. K., Ukeyima, M. T., Gborigo, T. J. A., Aluko, R. E., & Girgih, A. T. (2021). *In vitro* antioxidant and antihypertensive properties of sesame seed enzymatic protein hydrolysate and ultrafiltration peptide fractions. *Journal of food biochemistry*, 45(1), e13587-e13599. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13587>

Ariza-Ortega, T. D. J., Zenón-Briones, E. Y., Castrejón-Flores, J. L., Yáñez-Fernández, J., Gómez-Gómez, Y. D. L. M., & Oliver-Salvador, M. D. C. (2014). Angiotensin-I-converting enzyme inhibitory, antimicrobial, and antioxidant effect of bioactive peptides obtained from different varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with in vivo antihypertensive activity in spontaneously hypertensive rats. *European food research and technology*, 239(5). <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2271-3>

Babini, E., Tagliacruzchi, D., Martini, S., Dei-Più, L., & Gianotti, A. (2017). LC-ESI-QTOF-MS identification of novel antioxidant peptides obtained by enzymatic and microbial hydrolysis of vegetable proteins. *Food chemistry*, 228, 186-196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.143>

Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., & Leggette, H. R. (2022). Consumer Acceptance toward Functional Foods: A Scoping Review. *International Journal of environmental research and public health*, 19(3), 1217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>

Balasubramaniam, V. M., Martínez-Monteagudo, S. I., & Gupta, R. (2015). Principles and Application of High Pressure-Based Technologies in the Food Industry. *Annual review of food science and technology*, 6(1), 435-462. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015539>

Barati, M., Javanmardi, F., Mousavi Jazayeri, S. M. H., Jabbari, M., Rahmani, J., Barati, F., Nickho, H., Davoodi, S. H., Roshanravan, N., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). Techniques, perspectives, and challenges of bioactive peptide generation: A comprehensive systematic review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1488-1520. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12578>

Barredo-Vacchelli, G. R., Giudicessi, S. L., Martínez-Ceron, M. C., Cascone, O., & Camperi, S. A. (2021). Peptide Affinity Chromatography Applied to Therapeutic Antibodies Purification. *International journal of peptide research and therapeutics*, 27(4), 2905-2921. <https://doi.org/10.1007/s10989-021-10299-5>

Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in food science & technology*, 93, 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>

Betancur-Ancona, D., Sosa-Espinoza, T., Ruiz-Ruiz, J., Segura-Campos, M., & Chel-Guerrero, L. (2014).

Enzymatic hydrolysis of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein concentrates and its effects on biological and functional properties. *International journal of food science and technology*, 49(1), 2-8. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12267>

Bhandari, D., Rafiq, S., Gat, Y., Gat, P., Waghmare, R., & Kumar, V. (2020). A Review on Bioactive Peptides: Physiological Functions, Bioavailability and Safety. *International journal of peptide research and therapeutics*, 26(1), 139-150. <https://doi.org/10.1007/s10989-019-09823-5>

Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Zeuli, P. S., Logozzo, G., Stougaard, J., McClean, P., Attene, G., & Papa, R. (2012). Meso-american origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the national academy of sciences*, 109(14), E788-E796. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108973109>

Carrasco-Castilla, J., Hernández-Álvarez, A. J., Jiménez-Martínez, C., Jacinto-Hernández, C., Alaiz, M., Girón-Calle, J., Vioque, J., & Dávila-Ortiz, G. (2012). Antioxidant and metal chelating activities of peptide fractions from phaseolin and bean protein hydrolysates. *Food chemistry*, 135(3), 1789-1795. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.016>

Castañeda-Pérez, E., Jiménez-Morales, K., Quintal-Novelo, C., Moo-Puc, R., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2019). Enzymatic protein hydrolysates and ultrafiltered peptide fractions from Cowpea *Vigna unguiculata* L bean with in vitro antidiabetic potential. *Journal of the iranian chemical society*, 16(8), 1773-1781. <https://doi.org/10.1007/s13738-019-01651-0>

Chel-Guerrero, L., Domínguez-Magaña, M., Martínez-Ayala, A., Dávila-Ortiz, G., & Betancur-Ancona, D. (2012). Lima Bean (&#x26;Phaseolus lunatus&#x26;) Protein Hydrolysates with ACE-I Inhibitory Activity. *Food and nutrition sciences*, 03(04), 511-521. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.34072>

Choudhary, N., Anjali, Gupta, M., Shafi, S., Jan, S., Hamid-Mir, A., Singh, B., & Rouf-Mir, R. (2022). Molecular diversity and nutriment studies of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from the two hot-spots of Western Himalayas of Jammu and Kashmir. *Crop & pasture science*, 73(3), 249-262. <https://doi.org/10.1071/CP21347>

Cruz-Casas, D. E., Aguilar, C. N., Ascacio-Valdés, J. A., Rodríguez-Herrera, R., Chávez-González, M. L., & Flores-Gallegos, A. C. (2021). Enzymatic hy-

drolysis and microbial fermentation: The most favorable biotechnological methods for the release of bioactive peptides. *Food chemistry: molecular sciences*, 3, 100047-100058. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100047>

Das, S. & Hati, S. (2022). Food derived ACE inhibitory peptides: science to application. In D. Bagchi & S. E. Ohia (Eds.), *Nutrition and Functional Foods in Boosting Digestion, Metabolism and Immune Health* (pp. 39-54). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821232-5.00006-9>

De-Souza-Rocha, T., Hernandez, L. M. R., Mojica, L., Johnson, M. H., Chang, Y. K., & González-de-Mejía, E. (2015). Germination of *Phaseolus vulgaris* and alcalase hydrolysis of its proteins produced bioactive peptides capable of improving markers related to type-2 diabetes in vitro. *Food research international*, 76(P1), 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.041>

De-Vuyst, L. & Leroy, F. (2007). Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria: Production, Purification, and Food Applications. *Microbial physiology*, 13(4), 194-199. <https://doi.org/10.1159/000104752>

De-Fátima-García, B., de-Barros, M., & de-Souza-Rocha, T. (2021). Bioactive peptides from beans with the potential to decrease the risk of developing noncommunicable chronic diseases. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(12), 2003-2021. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1768047>

Evangelho, J. A., Vanier, N. L., Pinto, V. Z., Berrios, J. J. D., Dias, A. R. G., & Zavareze, E. R. (2017). Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates: Physicochemical and functional properties. *Food chemistry*, 214, 460-467. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.046>

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022). FAOSTAT. CROPS. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Fecha de consulta: 22 de enero de 2024.

Freytag, G. F. & Debouck, D. G. (2002). Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. [En línea]. Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:130456466>. Fecha de consulta: 22 de enero de 2024.

García-Mora, P., Frias, J., Peñas, E., Zieliński, H., Giménez-Bastida, J. A., Wiczowski, W., Zielińska,

- D., & Martínez-Villaluenga, C. (2015). Simultaneous release of peptides and phenolics with antioxidant, ACE-inhibitory and anti-inflammatory activities from pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. pinto) proteins by subtilisins. *Journal of functional foods*, 18, 319-332. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.07.010>
- Gharibzahedi, S. M. T., Smith, B., & Altintas, Z. (2024). Bioactive and health-promoting properties of enzymatic hydrolysates of legume proteins: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64(9), 2548-2578
- Goldstein, N. & Reifen, R. (2022). The potential of legume-derived proteins in the food industry. *Grain & oil science and technology*, 5(4), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.06.002>
- Gomes, M. J. C., Lima, S. L. S., Alves, N. E. G., Assis, A., Moreira, M. E. C., Toledo, R. C. L., Rosa, C. O. B., Teixeira, O. R., Bassinello, P. Z., de-Mejía, E. G., & Martino, H. S. D. (2020). Common bean protein hydrolysate modulates lipid metabolism and prevents endothelial dysfunction in BALB/c mice fed an atherogenic diet. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, 30(1), 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2019.07.020>
- Granato, D., Barba, F. J., Bursać-Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual review of food science and technology*, 11(1), 93-118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Grdeń, P. & Jakubczyk, A. (2023). Health benefits of legume seeds. *Journal of the science of food and agriculture*, 103(11), 5213-5220. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12585>
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of toxicology*, 94(3), 651-715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>
- Hernández-Corroto, E., Plaza, M., Marina, M. L., & García, M. C. (2020). Sustainable extraction of proteins and bioactive substances from pomegranate peel (*Punica granatum* L.) using pressurized liquids and deep eutectic solvents. *Innovative food science & emerging technologies*, 60, 102314-102324. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102314>
- Herrera-Hernández, I. M., Sánchez, E., Ramírez-Estrada, C. A., Anchondo-Páez, J. C., & Pérez-Álvarez, S. (2023). Supply of essential and nonessential amino acids, proteins, antioxidants, iron and zinc from the main varieties of beans consumed in Mexico and their potential for biofortification. *Notulae scientia biologicae*, 15(4), 11733. <https://doi.org/10.55779/nsb15411733>
- Hu, K., Huang, H., Li, H., Wei, Y., & Yao, C. (2023). Legume-Derived Bioactive Peptides in Type 2 Diabetes: Opportunities and Challenges. *Nutrients*, 15(5), 1096. <https://doi.org/10.3390/nu15051096>
- IDF, International Diabetes Federation (2021). IDF Diabetes Atlas (Tenth edition). International Diabetes Federation. [En línea]. Disponible en: <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>. Fecha de consulta: 22 de enero de 2024.
- Jakubczyk, A., Karaś, M., Złotek, U., & Szymanowska, U. (2017). Identification of potential inhibitory peptides of enzymes involved in the metabolic syndrome obtained by simulated gastrointestinal digestion of fermented bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *Food research international*, 100, 489-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.046>
- Jogi, N., Yathisha, U. G., Bhat, I., & Mamatha, B. S. (2022). Antihypertensive activity of orally consumed ACE-I inhibitory peptides. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(32), 8986-8999. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1938508>
- Karami, Z. & Duangmal, K. (2023). Health Promoting and Functional Activities of Peptides from Vigna Bean and Common Bean Hydrolysates: Process to Increase Activities and Challenges. *Food reviews international*, 39(9), 6537-6567. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2122988>
- Kaur, N. (2018). Solid-phase synthesis of sulfur containing heterocycles. *Journal of sulfur chemistry*, 39(5), 544-577. <https://doi.org/10.1080/17415993.2018.1457673>
- Kent, S. B. H. (2019). Novel protein science enabled by total chemical synthesis. *Protein science*, 28(2), 313-328. <https://doi.org/10.1002/pro.3533>
- Li, T., Shi, C., Zhou, C., Sun, X., Ang, Y., Dong, X., Huang, M., & Zhou, G. (2020). Purification and characterization of novel antioxidant peptides from duck breast protein hydrolysates. *LWT*, 125, 109215-109227. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109215>
- Lin, X., Xu, Y., Pan, X., Xu, J., Ding, Y., Sun, X., Song, X., Ren, Y., & Shan, P. F. (2020). Global, regional, and national burden and trend of diabetes in 195 countries and territories: an analysis from 1990 to 2025. *Scientific reports*, 10(1), 14790. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71908-9>

- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Gómez, B., Barba, F. J., Mora, L., Pérez-Santaescolástica, C., & Toldrá, F. (2018). Bioactive peptides as natural antioxidants in food products – A review. *Trends in food science & technology*, 79, 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.003>
- Luna-Vital, D. A., González-de-Mejía, E., Dia, V. P., & Loarca-Piña, G. (2014). Peptides in common bean fractions inhibit human colorectal cancer cells. *Food chemistry*, 157, 347-355. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.050>
- Maestri, E., Pavlicevic, M., Montorsi, M., & Marmiroli, N. (2019). Meta-Analysis for Correlating Structure of Bioactive Peptides in Foods of Animal Origin with Regard to Effect and Stability. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(1), 3-30. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12402>
- Marciniak, A., Suwal, S., Naderi, N., Pouliot, Y., & Doyen, A. (2018). Enhancing enzymatic hydrolysis of food proteins and production of bioactive peptides using high hydrostatic pressure technology. *Trends in food science & technology*, 80, 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.013>
- McClements, D. J. & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(4), 4049-4100. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771>
- Miklas, P. N., Kelly, J. D., & Cichy, K. A. (2022). Dry Bean Breeding and Production Technologies. In M. Siddiq & M. A. Uebersax (Eds.), *Dry Beans and Pulses* (pp. 29-56). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119776802.ch2>
- Mojica, L., Chen, K., & de-Mejía, E. G. (2015). Impact of Commercial Precooking of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) on the Generation of Peptides, After Pepsin-Pancreatin Hydrolysis, Capable to Inhibit Dipeptidyl Peptidase-IV. *Journal of food science*, 80(1). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12726>
- Mojica, L. & de-Mejía, E. G. (2015). Characterization and Comparison of Protein and Peptide Profiles and their Biological Activities of Improved Common Bean Cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mexico and Brazil. *Plant foods for human nutrition*, 70(2), 105-112. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0477-6>
- Mojica, L. & de-Mejía, E. G. (2016). Optimization of enzymatic production of antidiabetic peptides from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins, their characterization and biological potential. *Food and function*, 7(2). <https://doi.org/10.1039/c5fo01204j>
- Mojica, L., de-Mejía, E. G., Menjivar, M., & Granados-Silvestre, M. Á. (2016). Antidiabetic Effect of Black Bean Peptides through Reduction of Glucose Absorption and Modulation of SGLT1, GLUT2 and DPP-IV in *in vitro* and *in vivo* Models. *The FASEB journal*, 30(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.30.1-supplement.125.6>
- Mojica, L., Luna-Vital, D. A., & González-de-Mejía, E. (2017). Characterization of peptides from common bean protein isolates and their potential to inhibit markers of type-2 diabetes, hypertension and oxidative stress. *Journal of the science of food and agriculture*, 97(8), 2401-2410. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8053>
- Montoya, C. A., Lallès, J. P., Beebe, S., & Leterme, P. (2010). Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Food research international*, 43(2), 443-449. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.040>
- Mora, L. & Toldrá, F. (2021). Methodologies for peptidomics: Identification and quantification. In F. Toldrá & J. Wu (Eds.), *Biologically Active Peptides* (pp. 87-102). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821389-6.00010-8>
- Moreno-Valdespino, C. A., Luna-Vital, D., Camacho-Ruiz, R. M., & Mojica, L. (2020). Bioactive proteins and phytochemicals from legumes: Mechanisms of action preventing obesity and type-2 diabetes. *Food research international*, 130, 108905. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108905>
- Mourtas, S., Athanasopoulos, V., Gatos, D., & Barlos, K. (2023). Solid-Phase Synthesis of 2-Benzothiazolyl and 2-(Aminophenyl)benzothiazolyl Amino Acids and Peptides. *Molecules*, 28(14), 5412-5431. <https://doi.org/10.3390/molecules28145412>
- Mudgil, P., Baby, B., Ngoh, Y. Y., Kamal, H., Vijayan, R., Gan, C. Y., & Maqsood, S. (2019). Molecular binding mechanism and identification of novel anti-hypertensive and anti-inflammatory bioactive peptides from camel milk protein hydrolysates. *LWT*, 112, 108193-108204. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.091>

- Mullins, A. P. & Arjmandi, B. H. (2021). Health Benefits of Plant-Based Nutrition: Focus on Beans in Cardiometabolic Diseases. *Nutrients*, 13(2), 519. <https://doi.org/10.3390/nu13020519>
- Naeem, M., Malik, M. I., Umar, T., Ashraf, S., & Ahmad, A. (2022). A Comprehensive Review About Bioactive Peptides: Sources to Future Perspective. *International journal of peptide research and therapeutics*, 28(6), 155-175. <https://doi.org/10.1007/s10989-022-10465-3>
- Ngoh, Y. Y. & Gan, C. Y. (2016). Enzyme-assisted extraction and identification of antioxidative and  $\alpha$ -amylase inhibitory peptides from Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Pinto). *Food chemistry*, 190, 331-337. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.120>
- Ngoh, Y. Y. & Gan, C. Y. (2018). Identification of Pinto bean peptides with inhibitory effects on  $\alpha$ -amylase and angiotensin converting enzyme (ACE) activities using an integrated bioinformatics-assisted approach. *Food chemistry*, 267, 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.166>
- Obiro, W. C., Zhang, T., & Jiang, B. (2008). The nutraceutical role of the *Phaseolus vulgaris*  $\alpha$ -amylase inhibitor. *British journal of nutrition*, 100(1), 1-12. <https://doi.org/10.1017/S0007114508879135>
- Ohara, A., Cason, V. G., Nishide, T. G., Miranda-de-Matos, F., & de-Castro, R. J. S. (2021). Improving the antioxidant and antidiabetic properties of common bean proteins by enzymatic hydrolysis using a blend of proteases. *Biocatalysis and biotransformation*, 39(2), 100-108. <https://doi.org/10.1080/10242422.2020.1789114>
- Olagunju, A. I., Omoba, O. S., Enujiugha, V. N., Alashi, A. M., & Aluko, R. E. (2018). Pigeon pea enzymatic protein hydrolysates and ultrafiltration peptide fractions as potential sources of antioxidant peptides: An *in vitro* study. *LWT*, 97, 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.003>
- Osborne, T. B. (1924). *The vegetable proteins*. Longmans, Green and Company.
- Oseguera-Toledo, M. E., Gonzalez-de-Mejia, E., & Amaya-Llano, S. L. (2015). Hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins hydrolyzed by alcalase and bromelain produced bioactive peptide fractions that inhibit targets of type-2 diabetes and oxidative stress. *Food research international*, 76, 839-851. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.046>
- Ozawa, A., Cai, Y., & Lindberg, I. (2007). Production of bioactive peptides in an *in vitro* system. *Analytical biochemistry*, 366(2), 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2007.04.020>
- Peighambaroust, S. H., Karami, Z., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). A Review on Health-Promoting, Biological, and Functional Aspects of Bioactive Peptides in Food Applications. *Biomolecules*, 11(5), 631-651. <https://doi.org/10.3390/biom11050631>
- Piovesana, S., Capriotti, A. L., Cavaliere, C., La Barbera, G., Montone, C. M., Zenezini Chiozzi, R., & Laganà, A. (2018). Recent trends and analytical challenges in plant bioactive peptide separation, identification and validation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410(15), 3425-3444. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-0852-x>
- Piovesana, S., Capriotti, A. L., Cavaliere, C., La Barbera, G., Montone, C. M., Zenezini-Chiozzi, R., & Laganà, A. (2019). Sensitive untargeted identification of short hydrophilic peptides by high performance liquid chromatography on porous graphitic carbon coupled to high resolution mass spectrometry. *Journal of chromatography A*, 1590, 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.12.066>
- Polanco-Lugo, E., Dávila-Ortiz, G., Betancur-Ancona, D. A., & Chel-Guerrero, L. A. (2014). Effects of sequential enzymatic hydrolysis on structural, bioactive and functional properties of *Phaseolus lunatus* protein isolate. *Food science and technology*, 34(3), 441-448. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6349>
- Porch, T., Beaver, J., Debouck, D., Jackson, S., Kelly, J., & Dempewolf, H. (2013). Use of Wild Relatives and Closely Related Species to Adapt Common Bean to Climate Change. *Agronomy*, 3(2), 433-461. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020433>
- Rahmi, A. & Arcot, J. (2023). *In Vitro* Assessment Methods for Antidiabetic Peptides from Legumes: A Review. *Foods*, 12(3), 631. <https://doi.org/10.3390/foods12030631>
- Rogalinski, T., Herrmann, S., & Brunner, G. (2005). Production of amino acids from bovine serum albumin by continuous sub-critical water hydrolysis. *The journal of supercritical fluids*, 36(1), 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2005.03.001>
- Roy, M., Sarker, A., Azad, M. A. K., Shaheb, M. R., & Hoque, M. M. (2020). Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of dark red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) protein hydrolysates. *Journal of food measurement and characterization*, 14(1),

- 303-313. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00292-4>
- Rui, X., Boye, J. I., Simpson, B. K., & Prasher, S. O. (2012). Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of Phaseolus vulgaris bean hydrolysates: Effects of different thermal and enzymatic digestion treatments. *Food research international*, 49(2), 739-746. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.025>
- Rui, X., Boye, J. I., Simpson, B. K., & Prasher, S. O. (2013). Purification and characterization of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides of small red bean (*Phaseolus vulgaris*) hydrolysates. *Journal of functional foods*, 5(3), 1116-1124. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.03.008>
- Ruiz-Ruiz, J., Davila-Ortiz, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2013). Angiotensin i-converting enzyme inhibitory and antioxidant peptide fractions from hard-to-cook bean enzymatic hydrolysates. *Journal of food biochemistry*, 37(1), 26-35. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2011.00594.x>
- Saad, A. M., Osman, A. O. M., Mohamed, A. S., & Ramadan, M. F. (2020). Enzymatic Hydrolysis of Phaseolus vulgaris Protein Isolate: Characterization of Hydrolysates and Effect on the Quality of Minced Beef During Cold Storage. *International journal of peptide research and therapeutics*, 26(1), 567-577. <https://doi.org/10.1007/s10989-019-09863-x>
- Sánchez, A. & Vázquez, A. (2017). Bioactive peptides: A review. *Food quality and safety*, 1(1), 29-46. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx006>
- Shabir, I., Dash, K. K., Dar, A. H., Pandey, V. K., Fayaz, U., Srivastava, S., & Nisha, R. (2023). Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review. *Future Foods*, 7, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100215>
- Siddiq, M., Uebersax, M. A., & Siddiq, F. (2022). Global Production, Trade, Processing and Nutritional Profile of Dry Beans and Other Pulses. In M. Siddiq & M. A. Uebersax (Eds.), *Dry Beans and Pulses* (pp. 1-28). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119776802.ch1>
- Su, L., Shi, Y., Yan, M., Xi, Y., & Su, X. (2015). Anticancer bioactive peptides suppress human colorectal tumor cell growth and induce apoptosis via modulating the PARP-p53-Mcl-1 signaling pathway. *Acta pharmacologica sinica*, 36(12), 1514-1519. <https://doi.org/10.1038/aps.2015.80>
- Su, Y., Chen, S., Liu, S., Wang, Y., Chen, X., Xu, M., Cai, S., Pan, N., Qiao, K., Chen, B., Yang, S., & Liu, Z. (2023). Affinity Purification and Molecular Characterization of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE)-Inhibitory Peptides from Takifugu flavidus. *Marine drugs*, 21(10), 522-536. <https://doi.org/10.3390/md21100522>
- Tacias-Pascacio, V. G., Morellon-Sterling, R., Siar, E. H., Tavano, O., Berenguer-Murcia, Á., & Fernandez-Lafuente, R. (2020). Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review. *International journal of biological macromolecules*, 165, 2143-2196. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.060>
- Tak, Y., Kaur, M., Amarowicz, R., Bhatia, S. & Gautam, C. (2021). Pulse Derived Bioactive Peptides as Novel Nutraceuticals: A Review. *International journal of peptide research and therapeutics*, 27(3), 2057-2068. <https://doi.org/10.1007/s10989-021-10234-8>
- Tawalbeh, D., Al-U'datt, M. H., Wan-Ahmad, W. A. N., Ahmad, F., & Sarbon, N. M. (2023). Recent Advances in In Vitro and In Vivo Studies of Antioxidant, ACE-Inhibitory and Anti-Inflammatory Peptides from Legume Protein Hydrolysates. *Molecules*, 28(6), 2423-2446. <https://doi.org/10.3390/molecules28062423>
- Torrucó-Uco, J., Chel-Guerrero, L., Martínez-Ayala, A., Dávila-Ortiz, G., & Betancur-Ancona, D. (2009). Angiotensin-I converting enzyme inhibitory and antioxidant activities of protein hydrolysates from Phaseolus lunatus and Phaseolus vulgaris seeds. *LWT*, 42(10), 1597-1604. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.006>
- Udeh, C., Ifie, I., Akpodiete, J., & Malomo, S. (2021). Kidney bean protein products as potential antioxidative and antihypertensive alternatives for non-pharmacological inhibition of angiotensin-converting enzymes. *Scientific African*, 11, e00693-e00715. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00693>
- Ulug, S. K., Jahandideh, F., & Wu, J. (2021). Novel technologies for the production of bioactive peptides. *Trends in food science & technology*, 108, 27-39. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.002>
- Uttara, B., Singh, A., Zamboni, P., & Mahajan, R. (2009). Oxidative Stress and Neurodegenerative Diseases: A Review of Upstream and Downstream Antioxidant Therapeutic Options. *Current neuropharmacology*, 7(1), 65-74. <https://doi.org/10.2174/157015909787602823>

- Valdez-Ortiz, A., Fuentes-Gutiérrez, C. I., Germán-Báez, L. J., Gutiérrez-Dorado, R., & Medina-Godoy, S. (2012). Protein hydrolysates obtained from Azufrado (sulphur yellow) beans (*Phaseolus vulgaris*): Nutritional, ACE-inhibitory and antioxidative characterization. *LWT*, 46(1), 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.021>
- Valencia-Mejía, E., Batista, K. A., Fernández, J. J. A., & Fernandes, K. F. (2019). Antihyperglycemic and hypoglycemic activity of naturally occurring peptides and protein hydrolysates from easy-to-cook and hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food research international*, 121, 238-246. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.043>
- Vignesh, A., Amal, T. C., Sarvalingam, A., & Vasanth, K. (2024). A review on the influence of nutraceuticals and functional foods on health. *Food chemistry advances*, 5, 100749. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100749>
- Wang, Y. & Wang, J. (2020). Modelling and prediction of global non-communicable diseases. *BMC public health*, 20(1), 822. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08890-4>
- Wei, H., Xiao, Y., Tong, Y., Chen, Y., Luo, X., Wang, Y., Jin, P., Ma, C., Fu, Z., Guo, H., Zhao, X., & Li, Y. (2019). Therapeutic effect of angelica and its compound formulas for hypertension and the complications: Evidence mapping. *Phytomedicine*, 59, 152767-152794. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.11.027>
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Duan, Y., & Ma, H. (2020). Plant protein-derived antioxidant peptides: Isolation, identification, mechanism of action and application in food systems: A review. *Trends in food science & technology*, 105, 308-322. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.019>
- WHO, World health statistics (2023). World Health Statistics 2023: Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals. World Health Organization. [En línea]. Disponible en: [https://reliefweb.int/report/world/world-health-statistics-2023-monitoring-health-sdgs-sustainable-development-goals?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAlcyuBhBnEiwAOGZ2S-9HCWFC6XncrPKW5OLUHDQ38OXeAKLAdOeJgqlZPscHTBQ1xUIBHB0CCSIQA\\_vD\\_BwE](https://reliefweb.int/report/world/world-health-statistics-2023-monitoring-health-sdgs-sustainable-development-goals?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAlcyuBhBnEiwAOGZ2S-9HCWFC6XncrPKW5OLUHDQ38OXeAKLAdOeJgqlZPscHTBQ1xUIBHB0CCSIQA_vD_BwE) Fecha de consulta: 22 de enero de 2024.
- Xiang, L., Qiu, Z., Zhao, R., Zheng, Z., & Qiao, X. (2023). Advancement and prospects of production, transport, functional activity and structure-activity relationship of food-derived angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(10), 1437-1463. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1964433>
- Yang, F., Chen, X., Huang, M., Yang, Q., Cai, X., Chen, X., Du, M., Huang, J., & Wang, S. (2021). Molecular characteristics and structure-activity relationships of food-derived bioactive peptides. *Journal of integrative agriculture*, 20(9), 2313-2332. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63463-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63463-3)
- Yuan, H., Luo, Z., Ban, Z., Reiter, R. J., Ma, Q., Liang, Z., Yang, M., Li, X., & Li, L. (2022). Bioactive peptides of plant origin: distribution, functionality, and evidence of benefits in food and health. *Food & function*, 13(6), 3133-3158. <https://doi.org/10.1039/D1FO04077D>
- Zamyatnin, A. A. (2018). Structural-functional diversity of the natural oligopeptides. *Progress in Biophysics and molecular biology*, 133, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2017.09.024>
- Zheng, Z., Li, J., Li, J., Sun, H., & Liu, Y. (2019). Physicochemical and antioxidative characteristics of black bean protein hydrolysates obtained from different enzymes. *Food hydrocolloids*, 97, 105222-105235. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105222>
- Zhu, F., Cao, J., Song, Y., Yu, P., & Su, E. (2023). Plant Protein-Derived Active Peptides: A Comprehensive Review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 71(51), 20479-20499. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c06882>

Los autores deben solicitar al correo electrónico [cienciauat@uat.edu.mx](mailto:cienciauat@uat.edu.mx) un usuario y contraseña para que sean registrados en la plataforma de la revista.

En su solicitud para postular un manuscrito deberán incluir título del mismo, su resumen y un correo oficial de una institución académica o centro de investigación (públicos o privados). No se recibirán manuscritos por otra vía, impresa o electrónica.

Es necesario revisar las políticas editoriales y las normas de publicación antes de enviar una contribución.

## Directrices para autor/es/as

### 1.1. Contribuciones

Se reciben artículos y revisiones de literatura actualizadas en español, enfocados principalmente a temáticas de Iberoamérica, en las siguientes áreas del conocimiento:

- Física, matemáticas y ciencias de la tierra
- Biología y química
- Medicina y ciencias de la salud
- Humanidades y ciencias de la conducta
- Ciencias sociales
- Biotecnología y ciencias agropecuarias
- Ingenierías

### 1.2. Consideraciones generales

El material debe ser original e inédito y no estar considerado para publicarse simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales. Los manuscritos deberán tener calidad científica y utilizar un lenguaje claro y preciso, definiendo los términos técnicos, para permitir su comprensión por lectores de otros campos y con diferentes niveles académicos. Es importante considerar que la revista es multidisciplinaria por lo que el perfil de los lectores es muy amplio.

Las siguientes secciones deben estar en español e inglés: título, resumen, palabras clave, títulos de tablas y figuras. Las figuras (imágenes, gráficos, mapas geográficos, mapas conceptuales, entre otros) además de su inserción al final del texto, deberán enviarse en archivos separados en formato jpg, a 300 dpi o superior (consultar especificaciones de figuras) y adjuntarse el archivo editable.

El texto deberá apegarse a la guía del sistema de unidades internacional.

El autor es responsable de la correcta redacción en cada sección del manuscrito.

### 1.3. Autores

El número de autores del manuscrito debe ser congruente con la calidad y cantidad de trabajo realizado y presentado. Un exceso de autores no justificable es causa de rechazo del mismo.

El manuscrito debe incluir la ficha autoral en una hoja por separado que indique: el nombre completo de los autores (evitando uso de iniciales; los apellidos paterno y materno serán enlazados con un guion corto).

La institución de adscripción del autor de correspondencia será en el siguiente orden: adscripción institucional (pública o privada), facultad, instituto o centro de investigación, área o departamento; dirección postal (incluir calle, número, colonia, ciudad, estado, país, código postal) y correo electrónico para correspondencia.

También deberá agregar adicionalmente un teléfono con lada (para comunicación editorial exclusivamente).

Los datos de los demás autores seguirán el siguiente orden: adscripción institucional (pública o privada); facultad, instituto o centro de investigación, ciudad, estado y país.

Para todos los autores se debe incluir número de CVU Conahcyt, ORCID iD y nivel SNII en caso de tener.

## Proceso de evaluación y seguimiento

La clave de usuario y contraseña le permitirán al autor de correspondencia ingresar y subir a la plataforma su manuscrito, así como continuar el proceso editorial, revisando el estatus del mismo, una vez cumplidos los requisitos de formato y haberle asignado un editor.

El proceso editorial se desarrolla en cuatro etapas:

Revisión de formato.

Revisión por parte del editor de área.

Revisión por pares.

Diseño y adecuación editorial.

Los autores deberán atender todas las observaciones y sugerencias que se le indiquen durante las revisiones que reciba el manuscrito en cada una de las cuatro etapas, marcando en color rojo los cambios realizados al último manuscrito (es necesario que se trabaje en el mismo word que se le haga llegar en cada ocasión).

En la etapa de formato, los manuscritos se someten a una evaluación preliminar por parte del departamento editorial de la revista, para verificar que cumplan con los requisitos establecidos, y analizar el nivel de similitud con material previamente publicado (a través del software iThenticate). Una vez que se cumpla con las consideraciones generales de publicación, se asignará el trabajo al editor de área. Los trabajos que no concluyan esta etapa en un máximo de 30 días serán dados de baja.

En la segunda etapa, el editor de área revisará la pertinencia de los manuscritos para establecer si el trabajo se envía a evaluación o se da de baja. Es posible que el editor realice recomendaciones a los autores y sujete el manuscrito a una segunda revisión ante de emitir su decisión final. Los autores tienen 10 días para regresar su manuscrito con los cambios solicitados.

A partir de esta etapa, los autores además de dar respuesta a cada una de las observaciones, señalando en color rojo las modificaciones realizadas al último manuscrito, deberán anexar un listado con las respuestas a cada una de las observaciones y las modificaciones desarrolladas, indicando los números de línea donde se localizan.

Los manuscritos aprobados por editor de área serán enviados a evaluar por al menos dos pares académicos externos, expertos en el tema de interés, quienes determinarán la aceptación o rechazo del artículo, decisión basada en el análisis académico y científico del material. En caso de discrepancia en los resultados de los evaluadores, el escrito se enviará a un tercer árbitro, cuya decisión definirá la aceptación o rechazo.

Los autores recibirán el dictamen y comentarios emitidos por los evaluadores y deberán dar respuesta a cada una de las observaciones, señalando las modificaciones realizadas al último manuscrito. Se les establecerá un tiempo de respuesta que deberán respetar o el manuscrito será rechazado. En esta etapa, los autores tienen hasta 15 días para atender los cambios.

Los trabajos aceptados por evaluadores externos pasarán al proceso de corrección de estilo y revisión de formato, para adecuarlos al estilo editorial de la revista. Al terminar este proceso se emitirá la aceptación final del documento y se enviarán las pruebas de galera. Una vez enviadas las pruebas de galera el autor tendrá cuatro días naturales para su revisión; de no recibir respuesta en el tiempo indicado, el artículo se publicará con base en el criterio del editor de la revista.

En caso de que él o los autores requieran de un mayor tiempo para la respuesta, en las distintas etapas del proceso, deberán solicitarlo oportunamente al editor de la revista. En caso de que los interesados necesiten modificar al autor de correspondencia, este deberá ser parte de

los autores inicialmente propuestos. Es necesario que se justifique el cambio por escrito, donde se incluya la firma de ambos autores (actual y propuesto). El nuevo autor de correspondencia deberá firmar todos los documentos requeridos para publicar en CienciaUAT.

## **Preparación del manuscrito**

### **3.1. Generalidades**

El manuscrito estará escrito en procesador de texto Word, con letra Times New Roman a 12 puntos, a espacio y medio (1.5), en hoja tamaño carta, con margen en los cuatro costados de 2.54 centímetros. Las páginas estarán numeradas en forma continua. También los renglones deberán estar numerados en forma continua para facilitar el proceso de evaluación.

La redacción del manuscrito será en pasado y en forma impersonal.

Los agradecimientos se incluirán al final del texto solo para el caso de fuentes de financiamiento.

Las tablas y figuras (gráficos, imágenes, mapas conceptuales, mapas geográficos, fotografías, entre otros) deberán estar referenciadas en el texto y ubicarse al final del manuscrito, cada una en hoja separada. Llevarán títulos en español e inglés.

Las tablas se presentarán en formato Word y no como imágenes. Se debe evitar repetir innecesariamente en el texto la información incluida en las tablas, con excepción de aquella indispensable para la discusión de los resultados.

Las figuras (revisar formato de figuras) serán preferentemente a color, excepto las imágenes que de origen se generen en tonalidades de gris (micrografías, por ejemplo). Se deben enviar adicionalmente por separado en formato jpg a 300 dpi o superior, para asegurar la calidad de su impresión, así como el archivo editable en el que fueron generadas.

El texto que describe las figuras (nombre y descripción) estará redactado en forma independiente de las mismas y no deberá formar parte de la imagen.

En caso de utilizar mapas, estos deberán especificar coordenadas, indicando el área o lugar de estudio, atendiendo el siguiente formato: 98°12'15" W o 45°23'10" N. Cuando se trate de un polígono, es necesario indicar las coordenadas extrema superior izquierda y extrema inferior derecha. Las altitudes sobre el nivel del mar se citarán en metros. La rosa de los vientos deberá estar incluida en la parte superior izquierda, al interior de la figura para indicar la orientación.

En los manuscritos aceptados, el autor de correspondencia deberá proporcionar fotografía(s) para ilustrar la portada de su trabajo, en formato jpg a 300 dpi o superior. Además de enviar una imagen (tabla, gráfico, fotografía) para incluirla en la tabla de contenidos, acompañando al título de su contribución.

### **Estructura de los artículos científicos**

Los manuscritos en formato de artículo científico tendrán una extensión máxima de 25 cuartillas (incluyendo tablas y figuras) y constará de las siguientes secciones:

#### **Título**

Deberá describir con claridad el contenido en un máximo de 150 caracteres en español (sin espacios).

#### **Title**

Es la traducción adecuada y fiel al inglés de lo que se expresa en español en el título.

Título corto (español) Es necesario sugerir un título corto para su contribución de máximo 6 palabras.

#### **Resumen**

El resumen en español no debe ser mayor a 300 palabras. Se debe incluir una breve introducción, el objetivo, metodología más importante, principales resultados y una conclusión.

#### **Palabras clave**

Se deben incluir de 3 a 5 palabras clave.

#### **Abstract**

Es la traducción adecuada y fiel al inglés de lo que se expresa en español en el resumen. No se establece un número

máximo de palabras, pero no debe ampliarse el contenido innecesariamente, excepto para expresar adecuadamente la idea original.

#### **Key words**

Es la traducción adecuada y fiel al inglés de las palabras clave.

#### **Introducción**

Su extensión máxima será de 3 cuartillas. Consistirá de una revisión actualizada de la literatura científica que destaque la importancia del estudio realizado. Los antecedentes, marco contextual, marco conceptual, marco metodológico y justificación, considerados necesarios para entender el alcance del conocimiento generado, pueden ir en esta sección de manera resumida y continua, sin subdividirla en secciones con encabezados. Debe concluir con el objetivo del trabajo.

#### **Materiales y métodos**

Se debe proporcionar la información técnica suficiente que permita replicar el trabajo o validar su credibilidad. Incluirá el diseño experimental (en su caso), método estadístico, principales métodos de análisis usados y las fuentes de donde fueron obtenidos o modificados, así como la forma en que se obtuvieron los especímenes de estudio (en su caso).

Los equipos mencionados deben indicar marca, modelo y origen (ciudad y país). Se deben incluir todos los aspectos éticos considerados para trabajar con personas o animales.

Se debe proteger la identidad y los datos personales de los participantes en el estudio, asegurándose de obtener el consentimiento informado de las personas antes de divulgar cualquier información confidencial.

En los estudios del área de salud, se debe hacer mención expresa del comité de ética que aprobó el protocolo de investigación. En caso de que se haya trabajado con humanos, se manifestará de forma explícita el haber obtenido por escrito el consentimiento informado por parte de los mismos. Todos los procedimientos que se lleven a cabo en humanos deberán ajustarse a las normas éticas sobre experimentación humana de la Declaración de Helsinki de 1975.

En los estudios en que se utilicen animales de experimentación o que sean propiedad de particulares, se indicará claramente que se implementaron las medidas adecuadas para minimizar el dolor y la incomodidad, y se deberá contar con una declaración que identifique el comité de revisión de ética que garantizó y aprobó la metodología de trabajo. Si se trabajó con animales propiedad de particulares o clientes, en ensayos clínicos, se deberá haber obtenido el consentimiento informado del propietario y declararlo explícitamente en el documento.

Los experimentos y ensayos clínicos con personas o animales deben realizarse de acuerdo a las directivas establecidas por el Instituto Nacional de Salud (National Institutes of Health) en Estados Unidos de América, o con las Directivas del Consejo de la Comunidad Europea del 24 de noviembre de 1986 (86/609/EEC), y de acuerdo con las leyes y regulaciones nacionales y locales. Los editores se reservan el derecho a rechazar aquellos trabajos que ofrezcan dudas respecto a la obtención de un permiso adecuado o a la aplicación de procedimientos apropiados.

#### **Resultados y discusión (pueden aparecer de manera independiente)**

Adicional al ejercicio de señalar cuáles fueron los resultados encontrados, estos deberán ser contrastados con la literatura científica reciente, para establecer fehacientemente que el conocimiento generado es nuevo, novedoso o innovador.

#### **Conclusiones**

Se deben resaltar en forma breve el o los logros principales, de manera concreta y clara, evitando repetir las discusiones de resultados previos.

#### **Conflictos de intereses**

Indicar si se tiene o se considera tener conflicto(s) de in-

tereses, como el recibir o haber recibido en el pasado algún tipo de apoyo de alguna empresa o institución a quienes los resultados encontrados les favorezcan; o tener animadversión manifiesta o expresada de alguna forma contra alguna instancia o empresa a la que los resultados les afecte. Se recomienda revisar la política de conflictos de intereses.

#### **Agradecimientos**

En caso de haber recibido apoyo de alguna institución deberá ser señalado indicando el tipo de apoyo y en su caso el número de referencia del mismo.

#### **Referencias**

Al menos el 40 % de las referencias usadas para sostener los resultados y su aportación a la ciencia serán de los últimos 5 años. Ver las instrucciones para referencias (sección posterior en este documento).

#### **Estructura de las revisiones actualizadas**

Los manuscritos en formato de revisión actualizada tendrán una extensión máxima de 20 cuartillas (incluyendo tablas y figuras) y constará de las siguientes secciones:

##### **Título**

Describirá claramente el contenido del trabajo, en un máximo de 150 caracteres (sin espacios).

##### **Title**

Es la traducción adecuada y fiel al inglés de lo que se expresa en español en el título.

##### **Título corto (español)**

Es necesario sugerir un título corto para su contribución de máximo 6 palabras.

##### **Resumen**

Tendrá una extensión máxima de 250 palabras y deberá describir con claridad la temática que se revisa, su importancia y alcance. Se integrará por tres elementos: una breve introducción, el objetivo del trabajo y una conclusión que incluya la aportación del mismo.

##### **Palabras clave**

Se deben incluir de 3 a 5 palabras clave.

##### **Abstract**

Es la traducción adecuada y fiel al inglés de lo que se expresa en español en el resumen. No se establece un número máximo de palabras, pero no debe ampliarse el contenido innecesariamente, excepto para expresar adecuadamente la idea original.

##### **Key words**

Es la traducción adecuada y fiel al inglés de las palabras clave.

##### **Introducción**

Es la primera parte del manuscrito y en ella se debe introducir al lector en la temática que se abordará, su importancia, justificación, y en su caso, marco contextual, marco conceptual y marco metodológico, considerados necesarios para entender el alcance del conocimiento generado, pueden ir en esta sección de manera resumida y continua sin subdividirla en secciones con encabezados. Debe concluir con el objetivo del trabajo.

Esta sección irá seguida por el cuerpo del documento, que deberá estar dividido en secciones de acuerdo a las temáticas a considerar en el mismo.

##### **Secciones**

Se espera una amplia revisión bibliográfica que permita al lector profundizar en los avances recientes del tema que se describe, por lo que más del 50 % de las referencias mencionadas en cada sección (incluyendo introducción) deberán haber sido publicadas en los últimos 5 años, indicando particularmente lo más recientemente descubierto (año actual o anterior).

##### **Conclusiones**

Se debe resaltar el o los avances principales en el campo, de manera concreta y clara, evitando repetir el análisis de las secciones descritas en el cuerpo del documento.

##### **Referencias**

Al menos el 50 % de las referencias serán de los últimos 5 años. Ver las instrucciones para referencias (sección posterior en este documento).

##### **Conflictos de intereses**

Indicar si se tiene o se considera tener conflicto(s) de intereses, como el recibir o haber recibido en el pasado algún

tipo de apoyo de alguna empresa o institución a quienes los resultados encontrados les favorezcan; o tener animadversión manifiesta o expresada de alguna forma contra alguna instancia o empresa a la que los resultados les afecte. Se recomienda revisar la política de conflictos de intereses.

#### **Agradecimientos**

En caso de haber recibido apoyo de alguna institución deberá ser señalado indicando el tipo de apoyo y en su caso el número de referencia del mismo.

#### **Aspectos adicionales**

##### **Abreviaciones y siglas**

Las palabras o frases que deberán usarse frecuentemente en el manuscrito pueden ser sustituidas por sus abreviaciones, preferentemente por aquellas que sean de uso común en el campo, por ejemplo capacidad de retención de agua (CRA), índice de masa corporal (IMC). También es posible usar abreviaciones concebidas especialmente para el manuscrito, si son descritas previamente, como: Cuestionario médico de estrés laboral (CMEL).

En el caso de utilizar siglas en inglés en los nombres de los cuestionarios, de algún método o instrumento de medición, deberá definir el significado de los mismos. Por ejemplo: cuestionario de control de la imagen corporal en fotografías (BICP, por sus siglas en inglés: body image control in photos questionnaire); secuenciación de siguiente generación (NGS, por sus siglas en inglés: next generation sequencing). También deberán describirse los nombres de organizaciones como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés: Food and Drug Administration).

##### **Unidades de medición**

Las unidades de cualquier dato científico o de laboratorio y su abreviación deberán seguir el sistema internacional de unidades (SI) descrito por el Centro Español de Metrología (Novena edición). No deberá usarse punto en las abreviaciones (ejemplo kg, cm, °C, ó m). Las unidades en grados y el símbolo de % deben ir separados de los números: 27 °C, 83 %.

Se deben utilizar unidades en el siguiente formato: rad/s, y no en rad \* s<sup>-1</sup>. Otro ejemplo: se debe usar kg/m<sup>3</sup> en lugar de kg m<sup>-3</sup> (kg x m<sup>-3</sup> o kg \* m<sup>-3</sup>).

##### **Referencias en el texto**

Todas las publicaciones citadas en el texto del manuscrito aparecerán en la sección de referencias y viceversa. Se deben seguir las recomendaciones de la Guía de Normas APA 7<sup>a</sup> edición español, excepto para el uso del et al., que es una locución en latín para abreviar la frase “y colaboradores”, lo cual se hará en el formato “y col.”. Los nombres de los autores y las fechas de las citas señaladas en el manuscrito deberán coincidir con el listado de la sección de referencias. Asimismo, revisar que todos los elementos de una referencia bibliográfica estén incluidos. Es responsabilidad del autor de correspondencia la correcta redacción de los nombres de los autores de los trabajos citados en su artículo o revisión.

Las citas o referencias insertadas en los lugares correspondientes del texto deberán ir entre paréntesis y contener el apellido paterno del autor y el año de publicación, ejemplo: (Martínez, 2015). También es posible que el autor utilice dos apellidos unidos con un guión (Martínez-González, 2019).

En el caso de dos autores se usará (Martínez y Gómez, 2014).

Para señalar más de dos autores se usará (Martínez y col., 2014).

En caso de más de una referencia, deberán separarse con punto y coma, y estarán ordenadas de acuerdo a la antigüedad (Martínez y Gómez, 2012; Martínez y col., 2014). Si dos o más referencias fueran del mismo año, se ordenarán de acuerdo al abecedario (Martínez y Gómez 2012; Martínez y Hernández, 2012; Miranda 2012).

Cuando las referencias van fuera del paréntesis, se deberán separar con coma o con el conjuntivo “y”, según corresponda, ejemplo: Gallegos y Elgier (2020), Torralbas (2020) y Rodríguez y col. (2021), quienes señalaron que...

Si existen dos referencias de los mismos autores en el mismo año, que pudieran confundirse, se usarán letras minúsculas, de acuerdo al abecedario (Martínez y Gómez, 2014a; 2014b).

Las citas textuales (texto copiado íntegramente, usadas excepcionalmente en el manuscrito, con extensión menor de 40 palabras), deberán ir entre comillas dobles, anotando entre paréntesis además del autor y el año, la(s) página(s) correspondiente(s), ejemplo: “El efecto placebo desapareció cuando...” (Martínez, 2015: 126); Martínez (2015), encontró que: “El efecto placebo desapareció cuando...” (p. 126).

En caso de utilizar una fuente secundaria (lo cual debe hacerse con moderación, cuando la obra original ya está agotada o solo disponible en otro idioma), debe mencionarse de la siguiente manera: tomada del informe bienio (2008-2009), Observatorio Iberoamericano de Economía Social y Cooperativa (oibes-coop) citado en Chaves-Avila y Pérez-de-Uralde (2012) y Chaves-Avila y col. (2013) (Tabla 3). En la lista de referencia se ubicará la fuente secundaria.

En caso de usar autor corporativo, como institutos, ministerios, organizaciones, entre otros, definirá el significado de las siglas la primera vez que aparezca la cita. Ejemplo: según datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2015)...., y en lo subsecuente solo incluirá las siglas (IMSS, 2015).

También, en el caso de utilizar siglas en inglés, definirá el significado de las mismas. Por ejemplo, de acuerdo a la Asociación Americana de Antropología (AAA, por sus siglas en inglés: The American Anthropological Association) (AAA, 2008).

Los textos de materiales legales se citan de la siguiente forma: La Constitución Mexicana de los Estados Unidos Mexicanos (2013), en su artículo 27, establece que:

“La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación”...

En las comunicaciones personales, cartas y correos electrónicos se incorporará información adicional a la sugerida por el APA para poder identificar el origen de la misma: (Luis Fuentes-García, procesador de jaiba en Tampico, Tamaulipas, comunicación personal, 12 de junio, 2015).

Si la información proporcionada a través de una comunicación personal se encuentra disponible en un documento recuperable deberá ser citada dicha fuente en el texto (Fuentes, 2015) y en la sección de referencias en el formato de documento de archivo.

No se incluirán referencias o notas al pie de página.

Se deben evitar citas a tesis, manuales, apuntes y cualquier otro material que sea difícil de consultar.

## Referencias

Las referencias bibliográficas deberán aparecer al final del manuscrito en orden alfabético y cronológico usando la técnica de sangría primera línea (1.25 cm) como se observa en los ejemplos de esta sección.

### Artículos científicos

Aburto, J. M., Schöley, J., Kashnitsky, I., Zhang, L., Rahal, C., Missov, T. I., Mills, M. C., Dowd, J. B., & Kashyap, R. (2022). Quantifying impacts of the COVID-19 pandemic through life-expectancy losses: a population-level study of 29 countries. *International Journal of Epidemiology*, 51(1), 63-74. Agregar el identificador de objeto digital (Digital Object Identifier: DOI)\*

Bustos, G. y Pérez, R. (2018). Relación entre factores psicosociales y el Índice de Función Sexual Femenina en población rural de la comuna de Teno, región de Maule. *Perinatología y Reproducción Humana*, 32(1), 9-18. DOI

Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547. DOI

Figueroa, K. M. (2020). Tratamientos psicológicos para mejorar la vida sexual en mujeres supervivientes de cáncer ginecológico: revisión sistemática. *Psicooncología*, 17(2), 293-309. DOI

González, R. (2016). Presentación: la perspectiva y el debate acerca de una economía cooperativa, solidaria y autogestionaria como centro de una economía social. *Revista de la Academia*, (21), 5-29. DOI

Tejada, K., González, A., Carty, E. y Camarena, F. (2023). Abundancia y diversidad de aves playeras en la playa El Agallito, distrito de Chitré, provincia de Herrera. *Tecnociencia*, 25(1), 41-62. DOI

En general, se citarán de acuerdo con la Guía de Normas APA 7a edición español, con las siguientes especificaciones:

En las referencias se incluirán hasta un máximo de 20 autores. En referencias con 2 a 20 autores se usará el vocablo “y” para señalar al último autor en citas de material publicado en español y el símbolo “&”, precedido por una coma (, &) para indicar el último autor en citas publicadas en inglés.

En las referencias de 21 o más autores se nombrarán los primeros 19 autores en el orden en que aparecen, seguidos de tres puntos...y el último autor, sin el uso del vocablo “y” o el símbolo “&”.

Nota 1: en revistas de publicación continua, que asignan número de páginas se usará el siguiente formato: *PLoS ONE*, 14(9), Article e0222224. DOI

\*Nota 2: en caso de que la referencia contengan el DOI, se recomienda colocarlo según sea el caso.

## Libros

### Libro impreso

Ruiz, C. P. (2021). La culpa en la mujer. Una emancipación pendiente. Síntesis.

### Libro en línea

Arias, S. y D. Aquino. (2019). Familia Cactaceae I. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 209. Instituto de Ecología, A.C. DOI o Agregar el localizador de recursos uniforme (Uniform Resource Locator: URL).

### Libro con editor

Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A. y Marroquín-de-la-Fuente, J. S. (Eds.) (2020). *Muestreo ecológico de la vegetación*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### Capítulos de libros

Quintero, Y. y Del-Carpio, P. (2020). Encuentros y desencuentros en la familia tras el COVID-19. En Y. del-Valle, D. Alvarez, J. Batista y D. Rojas (Eds.), *Impacto del COVID-19 desde la perspectiva socio-económica en el contexto global* (pp. 31-34). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero y ALININ. URL o DOI

Viter, R. & Latsunskyi, I. (2019). Metal oxide nanostructures in sensing. In O. V. Zenkina (Ed.), *Nanomaterials design for sensing applications* (pp. 41-91). Elsevier.

Bird, M. (2016). Economic aspects of entrepreneurship: The case of Peru. En C. C. Williams & A. Gurtoo (Eds.), *Handbook of entrepreneurship in developing economies* (pp. 113-130). Routledge.

### Artículos de periódico

Carreño, L. (9 de febrero de 2020). La disputa gremial por los aranceles a las prendas de vestir. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/economia/la-disputa-gremial-por-los-aranceles-las-prendas-de-vestir-articulo-903768>

### Entrevistas

Nacif, B. (2018). Presidente de la Comisión de Prerrogativas del Instituto Nacional Electoral (INE), Ciudad de México, México.

### Sitios, páginas y libros electrónicos

National Cancer Institute (2019). SEER Cancer Stat Facts. [En línea]. Disponible en: <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/mulmy.html>. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2022.

### Cuando la referencia es de un documento de archivo PDF

Rodríguez, R. (2019). Una guía para combatir el Bullying [Archivo PDF]. [En línea]. Disponible en: <https://www.url.com>. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2023.



Authors are required to send an email to [cienciauat@uat.edu.mx](mailto:cienciauat@uat.edu.mx) to formally request a username and a password so they can register at the journal's portal.

As part of their submission, authors must include the title of their manuscript, an abstract and an official email address from their educational institution or research center (public or private). Manuscripts will not be received by any other print or electronic means.

It is necessary to review the editorial guidelines and the editorial policies before the submission of a manuscript.

## Instructions for authors

### 1.1. Submissions

The journal welcomes articles and critical literature reviews in Spanish, which are mainly focused on Latin American issues, and within the following fields of knowledge:

- Physics, Mathematics and Earth Sciences
- Biology and Chemistry
- Medicine and Health Sciences
- Humanities and Behavioral Sciences
- Social Sciences
- Biotechnology and Agricultural Sciences
- Engineering

### 1.2. General considerations

Manuscripts submitted to the journal should be original, unpublished and not being under consideration for publication simultaneously in another journal or editorial agency. Manuscripts should have scientific quality and use clear and accurate language, defining technical terms as necessary to make it accessible to readers from other academic fields and levels. It is important to consider that the journal is multidisciplinary, and therefore, its readers come from widely diverse backgrounds.

The following sections should be written in Spanish and English: title, abstract, key words, tables and figures captions. Figures (images, graphs, geographic maps, conceptual maps, among others) should be additionally sent in a separate file in jpg format 300 dpi or higher to ensure printing quality (Please review the figures' specifications). The editable file of the figures should also be attached.

The text should be adhered to the guide for the use of International System of Units.

The author is responsible for the appropriate use of academic writing in each of the sections of the manuscript.

### 1.3. Authors

The number of authors of the manuscript should be in accordance with the quality and the quantity of the work carried out and presented. An unjustified number of authors may cause the rejection of the manuscript.

The manuscript must include a cover page, which should include the full name(s) of the author(s), (no initials should be used; both last names should be hyphenated).

The affiliation of the corresponding author should be provided in the following order: institutional affiliation (public or private) name of school or faculty, institute or research center, unit or department; address (including street, number, neighborhood, city, state, country, zip code) and email address for correspondence.

A telephone number with the international code should also be provided (for editorial communication only).

The contact information of the rest of the authors should be provided in the following order: institutional affiliation (public or private) name of school or faculty, institute or research center, unit or department, city, state and country.

For all the authors, information related to the Conahcyt CVU number, ORCID iD, and level of SNII, in case they are members of it, should be provided.

### Peer review and follow-up

The username and password allow the corresponding author to log in and upload their manuscript to the platform. They will also be used to continue the editorial process, review the status of their manuscripts, once the manuscript has met the formatting requirements and been assigned to a field editor.

The editorial process is developed into four stages:

Formatting assessment.

Field editor screening.

Anonymous peer review.

Editorial design and adjustment.

Authors are expected to fully comply with the revisions required in each of the four stages of the review process, highlighting in red color the changes made to the most updated version of the manuscript (authors are expected to use the same Word document received in each of the stages).

In the formatting assessment stage, manuscripts will be subject to a preliminary review by members of the Editorial Department of the journal, to ensure that they meet the thematic and format requirements, and to analyze the levels of similarity with previously published material (through the iThenticate software). Once all the general considerations for publication are fulfilled, the manuscript will be assigned to the area editor. Those manuscripts that fail to complete this stage within a 30 day period will be cancelled.

In the second stage, the area editor will assess the relevance of manuscripts to determine whether they are sent out for peer review or not. It is possible for the area editor to provide the authors with feedback and may even require a second round of review prior to making a final decision. As such, authors will have 10 days to submit their manuscript with the required changes.

From this stage, in addition to making each of the required corrections, which will need to be highlighted in red color on the most recent version of the manuscript, authors will need to submit a separate form in which they provide a detailed response to each of the comments or suggestions, indicating the line numbers on which they are located.

Those manuscripts approved by the area editor will then be assigned to at least two expert and external peer reviewers, who will determine whether they are accepted or rejected based on an academic and scientific analysis. In the event of disagreement between the reviewers' decisions, the manuscript will be sent out to a third reviewer, whose decision will define its acceptance or rejection.

Authors will receive the decision and comments made by the reviewers and will be required to provide a response to each of the comments, indicating the changes made on the last version of the manuscript. They will have a 15-day period to revise the manuscript as required by the reviewers. Failure to make the required corrections within the specified time frame will result in manuscript rejection.

All manuscripts accepted by the peer reviewers will undergo a process of editorial and format revision to adjust them to the required publication format of the journal. Once this stage is completed, the acceptance letter of the manuscript will be issued and the proofs will be sent to the authors, who will have four calendar days to check and correct them. If the authors do not respond within the time frame, the article will be published following the Editor's judgment.

In the case the authors need an extension to respond to the requirements in any of the different stages of the process, they will have to make a formal request to the journal's Editor. In case the authors need to replace the corresponding author, the new one will have to be one of the initially listed authors. It is necessary to submit a form, on which the authors provide a written justification of the replacement request. The form will also have to include the signatures of both, the current and the proposed corresponding authors. The new corresponding author will be expected to sign all the required documents to publish in the CienciaUAT journal.

## **Manuscript preparation**

### **3.1. General considerations**

The manuscript should be written in Microsoft Word, with a 12-point Times New Roman font, spaced at 1.5, formatted into Letter page size, with 2.54 cm margins on every side. Pages should be numbered sequentially. Lines should also be numbered sequentially to facilitate the evaluation process.

The manuscript must be written in past tense and in an impersonal form. Acknowledgments must be included in the final part of the text and only for cases of sources of financial support.

Tables and figures (graphs, images, conceptual maps, geographic maps, photographs, among others) must be referenced in the text and placed towards the end of the manuscript, each in a separate sheet. They will include captions in both Spanish and English.

Tables need to be presented in MS Word format and should not be included as images. Information included as part of tables and figures should not be repeated in the text, except when it is necessary for the discussion of results.

Figures (review figures format) should be preferably provided in color, except those images that are originally generated in grayscale shades (micrographs, for example). Figures should be additionally submitted in a separate file in jpg format at 300 dpi or higher to ensure printing quality. The editable file in which they were generated should also be submitted.

The text describing the figures (title and description) must be drafted independently and not as part of the image.

In case maps are used, these should specify geographical coordinates indicating the area or place of study, adhering to the following format: 98°12'15" W o 45°23'10" N. When it comes to a polygon, the upper left and lower right coordinates should be indicated. The altitude above the sea level should be cited in meters. The wind rose should be included in the upper left corner, within the figure to indicate its orientation.

In the case of those accepted manuscripts, the corresponding author should provide photograph(s) to illustrate the cover page of their work in a jpg format at 300 dpi or higher. Additionally, an image (table, graph or photograph) should be submitted to be included in the Table of Contents, alongside the title of their contribution.

### **Structure of the articles**

Manuscripts in the form of scientific articles must have a maximum of 25 pages (including figures and tables) and will include the following sections:

#### **Title**

The title should clearly describe the contents of the article within a length of 150 characters in Spanish (without spaces).

#### **Title**

It is the appropriate and accurate translation of the Spanish title into the English language.

Short title (Spanish). Authors should also provide a shorter version (maximum 6 words) of the manuscript title.

#### **Abstract**

The abstract in Spanish must not exceed 300 words, including a brief introduction, the objective or purpose, the methods used, main findings and a conclusion.

#### **Keywords**

A list of three to five keywords should be included.

#### **Abstract**

It is the appropriate and accurate translation of the Spanish abstract into the English language. There is not a word limit, but its contents should not be extended unnecessarily, except for the need to express its original idea adequately.

#### **Keywords**

An appropriate and accurate translation of the list of the keywords should be provided.

#### **Introduction**

Its length should not exceed 3 pages. It should include an updated review of the relevant literature, where the importance of the study must be highlighted. The background, the context where the study is situated, theoretical framework, methods used, and the contribution of the study, which are often considered essential to understand the scope of the research, can be provided in a concise manner within this section. The section should conclude with a description of the main aims of the study.

#### **Materials and methods**

The Materials and Methods section needs to provide sufficient information in a way that the study can be replicated or that its credibility can be assessed. The experimental design (if applicable), statistical method, data sources and techniques of analysis used need to be clearly indicated. In case specimens are used, the procedures followed to gain access to them need to be clearly described.

Brand names, year and origin (city and country) of the research devices used for the study need to be clearly indicated. All the ethical considerations related to research that involves persons or animals should be clearly discussed.

The identity and personal data of the participants in the study need to be protected, securing the informed consent from the involved parties before the dissemination of any confidential information.

In the case of health related studies, a reference needs to be made to the Ethics committee that approved the research protocol. Furthermore, in the case of those studies whose research subjects are humans, copies of the signed informed consent forms need to be provided. In all the cases, studies in which humans are involved must adhere to the ethical guidelines for human experimentation as stated in the 1975 Declaration of Helsinki.

In the case of the studies that make use of animals for experimentation, all the appropriate measures implemented to minimize pain and uneasiness need to be clearly indicated. In addition, a declaration identifying the ethics committee that approved that research methodology needs to be provided in the methods section. Similarly, when animals are used in clinical trials, the informed consent from their owners or customers needs to be gained and explicitly declared in the document.

The experiments and clinical trials with persons or animals should be conducted following the guidelines established by the National Health Institute (National Health Institute) of the USA, particularly those related to the care and use of animals in experimentation procedures. Alternatively, the guidelines for ethical practice developed by the European Community Council dated November 24, 1986 (86/609/eec) can also be followed in accordance with national and local laws and regulations. The editors of the journal reserve the right to reject those works that appear to have failed to secure an adequate informed consent from the involved parties or to apply appropriate procedures.

#### **The results and discussion sections can be presented separately.**

The main findings should be presented and related to current literature in a way that justifies the innovative contribution that the study makes to the advancement of knowledge.

#### **Conclusions**

The main contributions of the study should be highlighted in a clear and concrete manner, avoiding the repetition of discussion of previous findings.

### **Conflict of interests**

Authors are required to declare any potential sources of conflict of interest such as being the recipients of funding either now or in the past from a business or institution which can positively influence the outcomes of the research. Likewise, any adverse feeling towards enterprises, institutions or groups that can negatively affect the outcomes of the research should also be declared. We recommend that you consult our (conflict of interest policy).

### **Acknowledgements**

In case the authors received any financial support for their study, they should provide details such as the name of the funding agency and grant number.

### **References**

At least 40% of all the references used in the article should be from the last 5 years. Please see the instructions for the list of references (backside of this document).

### **Structure of literature reviews**

Manuscripts in the form of literature reviews must have a maximum of 20 pages in length (including figures and tables) and will include the following sections:

#### **Title**

The title should clearly describe the contents of the article within a length of 150 characters in Spanish (without spaces).

#### **Title**

It is the appropriate and accurate translation of the Spanish title into the English language.

#### **Short title (Spanish).**

Authors should also provide a shorter version (maximum 6 words) of the manuscript title.

#### **Abstract**

The abstract in Spanish must not exceed 250 words, including a description of the topic being reviewed, its relevance and scope. It should be composed of three elements: a brief introduction, the main aim(s) and a conclusion that includes the contribution of it.

#### **Keywords**

A list of three to five keywords should be included.

#### **Abstract**

It is the appropriate and accurate translation of the Spanish abstract into the English language. There is not a word limit, but its contents should not be extended unnecessarily, except for the need to express its original idea adequately.

#### **Keywords**

An appropriate and accurate English translation of the list of the keywords should be provided.

#### **Introduction**

It is the first part of the manuscript and should contain a discussion of the topic being addressed, its significance, justification, and, if relevant, the context where the study is situated, theoretical framework and the methods used, which are often considered essential to understand the scope of the research, can be provided in a concise manner within this section. The section should conclude with a description of the main aims of the study.

This section should be followed by the body of the document, which should be divided into sections based on the themes under consideration.

#### **Sections**

A broad and critical review of the literature is expected in a way that allows the readers to deepen their understanding of the most recent advancement of the topic being addressed. Therefore, at least 50 % of the references cited in each section (including the introduction) should have been published within the last 5 years, placing emphasis on studies published during the current or last year.

#### **Conclusions**

The main contributions to knowledge in the field should be highlighted in a clear and concrete manner, avoiding the repetition of any analysis previously discussed in the body of the document.

#### **References**

At least 50 % of all the references used in the article

should be from the last 5 years. Please see the instructions for the list of references (backside of this document).

### **Conflict of interests**

Authors are required to declare any potential sources of conflict of interest such as being the recipients of funding either now or in the past from a business or institution which can positively influence the outcomes of the research. Likewise, any adverse feeling towards enterprises, institutions or groups that can negatively affect the outcomes of the research should also be declared. We recommend that you consult our (conflict of interest policy).

### **Acknowledgements**

In case the authors received any financial support for their study, they should provide details such as the name of the funding agency and grant number.

### **Additional aspects**

#### **Abbreviations and acronyms**

Word or phrases that will be used frequently throughout the manuscript can be replaced by their abbreviations, preferably by those which are commonly used in the field, e.g. water retention capacity (WRC), body mass index (CMI). Similarly, the use of abbreviations that are generated specifically for the study is also allowed, as long as they are previously described, e.g. work stress questionnaire (WSQ).

In case English acronyms are used in the names of questionnaires or any measurement method or instrument, authors are expected to indicate what they stand for in the first place. For example, For example, cuestionario de control de la imagen corporal en fotografías (BICP, por sus siglas en inglés: body image control in photos questionnaire); secuenciación de siguiente generación (NGS, por sus siglas en inglés: next generation sequencing). In addition, the names of organizations should be described, e.g. la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés: Food and Drug Administration).

#### **Measurement units**

The units of any scientific or lab data and their abbreviation should adhere to the international system of units (SI) described by the Spanish Metrology Center Centro Español de Metrología (Ninth edition). No dots should be used in the abbreviations (e.g. kg, cm, °C, or m). The units in degrees and the % symbol must be separated from the numbers: 27 °C, 83 %.

The units should be used as shown in the following format: rad/s, not in rad \* s<sup>-1</sup>. Another example: kg/m<sup>3</sup> instead of kg m<sup>-3</sup> (kg x m<sup>-3</sup> o kg \* m<sup>-3</sup>).

#### **Citations**

All publications cited in the text of the article must appear in the references section and vice versa. Authors are expected to adhere to the APA 7th edition guidelines in Spanish, except for the use of et al., which is a Latin abbreviation for "and others", and the format "y col." should be used. Authors must verify that the names of the authors and dates cited in the text are exactly the same as those in the list of references. Authors must also make sure that all the elements of bibliographic references are included. It is the responsibility of the author(s) to verify the correct spelling of authors' names cited in articles or literature reviews.

Citations or references inserted in the corresponding places in the text must be placed in parenthesis, contain the last name of the author and include the year of publication. For example: (Martínez, 2015). It is also possible for authors to use their hyphenated last names (Martínez-González, 2019). (Núñez y Pérez, 1983; Núñez y col., 1984). (Núñez y Pérez, 1983a; 1983b).

In the case of two authors, the format (Martínez y Gómez, 2014) should be used.

To indicate more than two authors, (Martínez y col., 2014) should be used.

In case of more than one reference, they should be separated with semi colon, and need to be placed in alphabetical order based on year of publication (from oldest to newest) (Martínez y Gómez, 2012; Martínez y col., 2014).

If two or more citations are from the same year of publication, they will have to be placed in alphabetical order (Martínez y Gómez 2012; Martínez y Hernández, 2012; Miranda, 2012).

When a citation is used out of the parentheses, it should be separated by a comma or with the conjunction “y” (and), if applicable, e.g. Gallegos y Elgier (2020), Torralbas (2020) y Rodríguez y col. (2021), who argued that...

If there are two references of the same authors in the same year of publication, small letters in alphabetical order are used to avoid confusion (Martínez y Gómez, 2014a; 2014b).

Textual citations (entirely copied text) that contain 40 or fewer words will be placed in quotation marks and will include, in addition to the author(s) name and year of publication, the page number(s). For example, “The placebo effect disappeared when...” (Martínez, 2015: 126); Martínez (2015), found that: “The placebo effect disappeared when...”

In case a secondary source (which should be used only when the original item is no longer available or only available in another language) is used, the following format should be used: tomada del informe bienio (2008-2009), Observatorio Iberoamericano de Economía Social y Cooperativa (oibes-coop) citado en Chaves-Avila y Pérez-de-Uralde (2012) y Chaves-Avila y col. (2013) (Tabla 3). The secondary source must also be included in the reference list.

When using corporate authors such as institutes or ministries or organizations among others, acronyms must be spelled out the first time they are cited in the text. Example: according to reports provided by the Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2015)..... Only the acronym will be cited subsequently (IMSS, 2015).

In addition, if acronyms in English are used, they must be spelled out the first time they are cited in the text, e.g. According to the Asociación Americana de Antropología (AAA, por sus siglas en inglés): The American Anthropological Association) (AAA, 2008).

Legal material texts are cited as follows: The Mexican constitution (2008), in its 27 article, establishes that “The property of land and water comprised within the national territory boundaries originally corresponds to the Nation”...

In personal communications, letters, and emails, additional information to that suggested by the APA style should be provided to justify its origin, e.g. (Luis Fuentes-García, procesador de jaiba en Tampico, Tamaulipas, comunicación personal, 12 de junio, 2015).

If the information provided through a personal communication is available in a retrievable document, its source should be cited, e.g. (Fuentes, 2015). It should also be included in the list of references alongside its file format.

No references or notes should be included as footnotes.

No theses, instruction manuals, book notes or any other hard to find material should be cited.

## References

A list of all the references used in the text must be provided at the end of the manuscript in alphabetical and chronological order indenting the first line (1.25 cm), as shown in the examples of this section.

### Scientific articles

Aburto, J. M., Schöley, J., Kashnitsky, I., Zhang, L., Rahal, C., Missov, T. I., Mills, M. C., Dowd, J. B., & Kashyap, R. (2022). Quantifying impacts of the COVID-19 pandemic through life-expectancy losses: a population-level study of 29 countries. *International Journal of Epidemiology*, 51(1), 63-74. Agregar el identificador de objeto digital (Digital Object Identifier: DOI)\*

Bustos, G. y Pérez, R. (2018). Relación entre factores psicosociales y el Índice de Función Sexual Femenina en población rural de la comuna de Teno, región de Maule. *Perinatología y Reproducción Humana*, 32(1), 9-18. DOI

Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by complete-

ness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547. DOI

Figuroa, K. M. (2020). Tratamientos psicológicos para mejorar la vida sexual en mujeres supervivientes de cáncer ginecológico: revisión sistemática. *Psicooncología*, 17(2), 293-309. DOI

González, R. (2016). Presentación: la perspectiva y el debate acerca de una economía cooperativa, solidaria y autogestionaria como centro de una economía social. *Revista de la Academia*, (21), 5-29. DOI

Tejada, K., González, A., Carty, E. y Camarena, F. (2023). Abundancia y diversidad de aves playeras en la playa El Agallito, distrito de Chitré, provincia de Herrera. *Tecnociencia*, 25(1), 41-62. DOI

Generally speaking, the citations should follow the APA 7th edition guidelines, with the following specifications:

References should include up to 20 items. In references with 2 to 20 authors the conjunction “y” to indicate the last author in citations of published material in Spanish and a comma followed by the “&” symbol (, &) to indicate the last author in citations in English.

In citations with 21 or more authors, the first 19 authors should be mentioned in the order in which they appear, followed by three dots...and the last author, without the “y” conjunction or the “&” symbol.

Note 1: in continuous publication journals, which assign page numbers, the following format should be used: *PLoS ONE*, 14(9), Article e0222224. DOI

\*Note 2: in case the reference contains a DOI, it should be provided as used in the original source.

### Books

#### Print book

Ruiz, C. P. (2021). La culpa en la mujer. Una emancipación pendiente. Síntesis.

#### Online book

Arias, S. y D. Aquino. (2019). Familia Cactaceae I. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 209. Instituto de Ecología, A.C. DOI o Agregar el localizador de recursos uniforme (Uniform Resource Locator: URL).

#### Book with an editor

Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A. y Marroquín-de-la-Fuente, J. S. (Eds.) (2020). *Muestreo ecológico de la vegetación*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

#### Book chapters

Quintero, Y. y Del-Carpio, P. (2020). Encuentros y desencuentros en la familia tras el COVID-19. En Y. del-Valle, D. Alvarez, J. Batista y D. Rojas (Eds.), *Impacto del COVID-19 desde la perspectiva socio-económica en el contexto global* (pp. 31-34). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero y ALININ. URL o DOI

Viter, R. & Latsunskyi, I. (2019). Metal oxide nanostructures in sensing. In O. V. Zenkina (Ed.), *Nanomaterials design for sensing applications* (pp. 41-91). Elsevier.

#### Newspaper articles

Carreño, L. (9 de febrero de 2020). La disputa gremial por los aranceles a las prendas de vestir. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/economia/la-disputa-gremial-por-los-aranceles-las-prendas-de-vestir-articulo-903768>

#### Interviews

Nacif, B. (2018). Presidente de la Comisión de Prerrogativas del Instituto Nacional Electoral (INE), Ciudad de México, México.

#### Websites and electronic books

National Cancer Institute (2019). SEER Cancer Stat Facts. [En línea]. Disponible en: <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/mulmy.html>. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2022.

#### When the reference is from a PDF file document

Rodríguez, R. (2019). Una guía para combatir el Bullying [Archivo PDF]. [En línea]. Disponible en: <https://www.url.com>. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2023.

# La **UAT** invita a SUS profesores e investigadores a difundir SUS libros académicos a través del portal **http://libros.uat.edu.mx**

## Ventajas

- Visibilidad internacional
- Descargable en PDF
- Compartir en redes sociales
- Incrementan las citas
- Posibilidad de colaboraciones
- Invitaciones a eventos académicos



# Catálogo

292 títulos



## **Temas selectos del constitucionalismo tamaulipeco**

Armando Villanueva Mendoza  
septiembre 6, 2024



## **Investigación de enfermería en las diferentes etapas de la vida**

Nohemí Selene Alarcón Luna, Yari Rodríguez Santamaría, Liliana Leticia Juárez Medina  
agosto 23, 2024



## **Salud del adulto mayor: desafíos del profesional de enfermería**

Olga Lidia Banda González, Carlos Alberto Carreón Gutiérrez, Gabriela Maldonado Guzmán  
agosto 23, 2024



## **Compendio práctico de mindfulness y regulación emocional**

Erin Yaqueline Tovar Garza; Luz Adriana Orozco Ramírez, José Luis Ybarra Sagarduy  
agosto 23, 2024



## **El delito del contrabando en la frontera norte de México**

Octavio Herrera Pérez  
agosto 23, 2024



## **Arrojos contra el vendaval. Buenas prácticas de educación en México**

Carlos Ornelas, Gabriela Yáñez Rivas, Luis Iván Sánchez Rodríguez  
agosto 23, 2024



## **Cello. Armonía moderna: Sistema melódico tonal interválico - angular graficado**

Ramón René Alarcón Lozano  
agosto 23, 2024



## **Investigaciones actuales en medio ambiente II**

Roberto Pichardo Ramírez, Ricardo Tobías Jaramillo, Juana Treviño Trujillo  
agosto 23, 2024



## **Manual de prácticas de Laboratorio de Tecnología de Alimentos I**

Juan Francisco Castañón Rodríguez, Rocío Margarita Uresti Marín  
agosto 23, 2024



## **Violencia y salud mental**

Luz Adriana Orozco Ramírez  
agosto 23, 2024

1-10 de 292 [Siguiente](#) →

# Revista arbitrada e indexada en bases de datos internacionales



Journal Citation Reports™



Envía tus colaboraciones científicas a:

**cienciauat@uat.edu.mx**

# CienciaUAT



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD